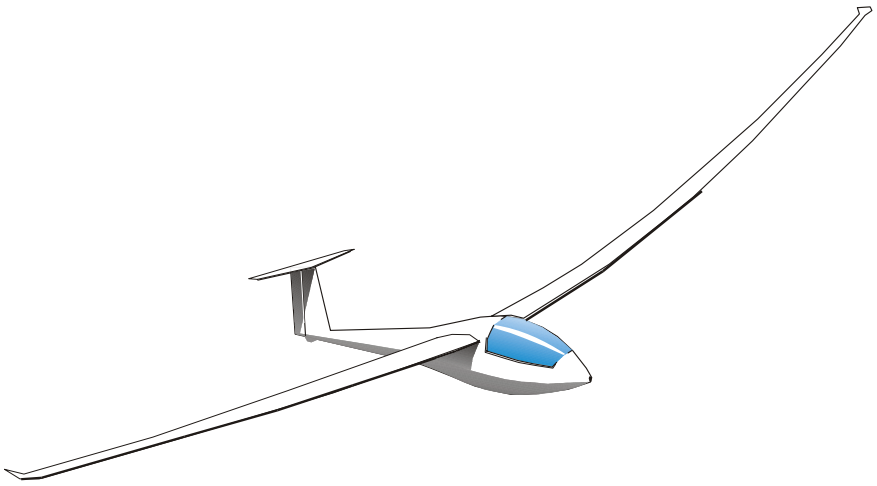
AEROCLUBUL ROMANIEI



MANUALUL

PILOTULUI PLANORIST

DUMITRU POPOVICI

EDITIA FEBRUARIE 2003

AUTOR: *Dumitru POPOVICI*

AU COLABORAT:
Cap. I CUNOAŞTEREA PLANORULUI
Cap. II METEOROLOGIE AERONAUTICĂ
Cap. III NAVIGAȚIE AERIANĂ — *Constantin POPESCU*
Cap. IV AERODINAMICA — *Mugurel Conta IONESCU*
Cap. V APARATE DE BORD
Cap. VI PERFORMANȚE ŞI LIMITE UMANE — *George STREJEA*, *Ion MIHĂILĂ*
Cap. VII TEHNICA PILOTAJULUI

TEHNOREDACTARE ŞI GRAFICĂ COMPUTERIZATĂ: Dorina Gheorghiu, *Dumitru POPOVICI*

CORECTURA: *Adina POPOVICI*

Copierea prezentului manual este interzisa fara acordul autorului.

CUVÂNTUL AUTORULUI

Acest manual este destinat celor ce doresc să devină piloți planorişti, dar şi tuturor celor interesați să dobândească noțiuni elmentare despre acest sport.

Conceput în şapte capitole, manualul prezintă de la simplu la complex cunoştințele teoretice necesare celor interesați să obțină brevetul de pilot planorist. În acest sens, ordinea şi structura capitolelor tratate respectă cu strictețe tematica impusă de Metodica de pregătire teoretică a elevilor piloți şi a piloților palnoeişti, metodică avizată de Autoritatea aeronautică.

Urmare a prezentului manual, autorul îşi propune să prezinte un chestionar de verificare a cunoştințelor, ale cărui întrebări vor constitui probele de examinare teoretică pe tot parcursul pregătirii piloților planorişti.

De asemenea, având în atenție pregătirea piloților planorişti avansați, autorul are în lucru un al doilea manual, în care îşi propune prezentarea şi analizarea teoriilor şi tacticilor zborului de performanță şi înaltă performanță, utile pilotului în concurs.

Pe această cale autorul mulțumeşte tuturor colegilor care l-au sprijinit efectiv în redactarea prezentei lucrări.

pil. instr. Dumitru Popovici

CUPRINS

CAPITOLUL I CUNOAŞTEREA PLANORULUI 11

1. Generalități 11
2. Părțile componente ale unui planor 11
3. Elementele caracteristice ale unui planor 12
4. Aripa 13
4.1. Caracteristicile geometrice ale aripii 14
5. Fuselajul 15
6. Ampenajele 16
7. Materiale folosite în construcția planoarelor 17
8. Sisteme de lansare la zbor 19
9. Automosorul de tip AL 34 20
10. Planorul IS 28 B 2 20
11. Descrierea cabinei planorului IS 28 B 2 22
12. Planorul IS 29 D 2 23
13. Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 25
14. Caracterisiticile în zbor ale planoarelor IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 26
15. Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 27
16. Planorul IS 32 A 27
17. Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A 28
18. Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A 29
19. Norme de întreținere a planoarelor 30

CAPITOLUL II METEOROLOGIE 31

1. Generalități 31
2. Atmosfera 31
3. Înălțimea atmosferei 31
4. Zonele atmosferei 32
5. Factorii atmosferici 34
6. Temperatura aerului 34
6.1. Propagarea căldurii 34
6.2. Încălzirea atmosferei 35
6.3. Măsurarea temperaturii 35
6.4. Variațiile temperaturii aerului 36
6.5. Gradientul termic 37

6.6.	Inversiune, izotermie	37
7.	Umezeala aerului	37
7.1.	Măsurarea umezelii	38
7.2.	Relații între temperatură şi umezeală	39
7.3.	Variația umezelii	40
8.	Presiunea atmosferică	40
8.1.	Variațiile presiunii atmosferice	41
8.2.	Vântul	42
8.3.	Mărimile ce definesc vântul	42
8.4.	Izobarele	43
8.5.	Ciclonul	44
8.6.	Anticiclonul	44
8.7.	Diferența de direcție şi de intensitate a vântului la sol şi în altitudine	45
8.8.	Tipuri de vânt	45
8.9.	Circulația generală a aerului	50
9.	Norii	50
9.1.	Clasificarea norilor	50
9.2.	Descrierea genurilor de nori	51
9.3.	Nebulozitatea şi plafonul	54
10.	Precipitațiile atmosferice	54
11.	Stările de echilibru ale atmosferei	55
12.	Curenți verticali	56
12.1.	Condițiile de formare a ascendențelor	58
12.2.	Norii de formație verticală	59
13.	Fronturile meteo	59
13.1.	Frontul cald	59
13.2.	Frontul rece	60
13.3.	Frontul oclus	61
14	Informarea meteorologică	62
14.1.	Mesajul metar	64

CAPITOLUL III NAVIGAȚIE AERIANĂ 65

1.	Generalitați	65
1.1.	Globul pământesc	65
2.	Notiuni geografice	66
2.1.	Coordonate geografice şi coordonate aeriene	67
2.2.	Baza masurării timpului	68
2.3.	Exprimarea longitudinii în unități de timp	69
2.4.	Fusele orare	70
3.	Linii de poziție a aeronavei	70
3.1.	Loxodroma	70

3.2.	Ortodroma	71
4.	Proiecții cartografice	71
4.1.	Elementele unei proiecții	71
4.2.	Clasificarea proiecțiilor cartografice	72
4.3.	Proiecția conică normală	73
4.4.	Proiecția cilindrică centrală normală	74
4.5.	Proiecția mercator	74
4.6.	Proiecția cilindrică transversală gauss	75
4.7.	Proiecția stereografică polară	75
5.	Harta	76
5.1.	Harțile aeronautice	77
6.	Magnetismul terestru	79
7.	Elemente de navigație aeriană	80
7.1.	Drumurile aeronavei	81
7.2.	Capurile aeronavei	82
7.3.	Relevmentul drumuri-capuri: relații de calcul	83
7.4.	Unghiul de derivă	84
7.5.	Relațiile de calcul între drumuri şi capuri	85
7.6.	Acțiunea vântului asupra vitezei la sol	85
7.7.	Triunghiul de navigație al vitezelor	85
8.	Probleme de altimetrie	88
8.1.	Calajul altimetric	89
9.	Lucrul cu harta	90
10.	Calcule mintale	91

CAPITOLUL IV AERODINAMICA 92

1.	Generalitați	92
2.	Aerul si calitațile sale	92
3.	Tunelul aerodinamic	94
4.	Ecuatia continuitații	95
5.	Legea lui Bernuolli	96
6.	Rezistenta la inaintare	99
7.	Forța totală aerodinamică, portanța, şi rezistența la înaintare	101
8.	Profilul de aripă	103
8.1.	Tipuri de profile	103
8.2.	Unghiul de incidență	104
9.	Aripa	105
9.1.	Clasificarea aripilor după forma în plan	105
9.2.	Caracteristicile geometrice ale aripii	105
9.3.	Unghiurile aripii	106
10.	Repartiția presiunilor pe profil	107
10.1.	Forțe şi momente	108

10.2.	Centrul de presiune şi variația sa	109
11.	Rezistența indusă	110
11.1.	Procedee de reducere a rezistenței induse	112
12.	Diagrama polară	113
12.1.	Polara planorului	115
12.2.	Variația coeficienților aerodinamici	117
13.	Repartiția portanței in profunzime şi anvergură	121
14.	Dispozitive de hipersustentație	121
15.	Frânele aerodinamice	123
16.	Forțele care acționeaza asupra planorului în zbor planat	124
17.	Forțele care acționeaza asupra planorului în viraj	126
18.	Forțele care acționeaza asupra planorului în remorcaj de avion	129
19.	Forțele care acționeaza asupra planorului în remorcaj de automosor	130
20.	Stabilitatea planorului	131
20.1.	Echilibrul corpurilor	131
20.2.	Stabilitatea planorului	133
21.	Maniabilitatea planorului	137
22.	Centrajul planorului	138
23.	Compensarea comenzilor	139
24.	Factorul de sarcina	140
25.	Momentul negativ	141
26.	Polara vitezelor	142
27.	Influența vântului şi a curenților verticali asupra vitezei de salt	144
28.	Efectul de sol	144
29.	Zborul la incidențe mari	146
29.1.	Măsuri şi manevre pentru evitarea depăşirii incidenței critice	148
30.	Stratul limită	148
30.1.	Desprinderea stratului limită	150
30.2.	Influența tipului aripii asupra desprinderii stratului limită	152

CAPITOLUL V INSTRUMENTE DE BORD 156

1.	Importanța instrumentelor de bord	156
2.	Clasificarea instrumentelor de bord	156
3.	Capsule, tuburi, membrane	157
4.	Altimetrul	159
4.1.	Calajul altimetric	160
5.	Vitezometrul	161
6.	Variometrul	162
6.1.	Variometrul cu capsulă	162
6.2.	Variometrul cu paletă	163
6.3.	Variometrul cu bile	164

6.4. Variometrul electric 165
6.5. Variometrul cu lichid 165
6.6. Variometrul de energie totală (vet) 166
6.7. Vet cu priză de depresiune (tub braunschweich) 168
7. Indicatorul de viraj şi glisadă 170
7.1. Indicatorul de viraj 170
7.2. Indicatorul de glisadă 171
8. Compasul de aviație 172
9. Barograful 174
10. Schema de legatură a instrumentelor de bord 176

CAPITOLUL VI PERFORMANȚA UMANĂ ŞI LIMITELE SALE 177

Introducere 177
1. Factorii umani 177
1.1. Factorii umani în aviație 177
1.2. Factorii fizici principali care acționează asupra omului în timpul zborului 178
1.3. Competența şi limitări 180
1.4. Formarea pilotului competent 180
1.5. Statistici de accidente 181
1.6. Concepte de siguranța a zborului 181
2. Fiziologia aeronautică de bază şi întreținerea sănătății 181
2.1. Bazele fiziologiei zborului 181
2.2. Sistemul respirator şi circulator 182
3. Omul şi mediul: sistemul senzorial 184
4. Sănătate şi igienă 187
5. Psihologia aeronautică – noțiuni de bază 188
5.1. Prelucrarea umană a informațiilor 188
6. Influenta factorilor fizici asupra organismului în timpul zborului 192
6.1. Boala de inalțime 193
6.2. Răul de zbor 194
6.3. Barotrauma urechilor 194
6.4. Barotrauma cavității nazale secundare 196
6.5. Nevralgia dentară 196
6.6. Flatuozitatea de înălțime 196
6.7. Influența negativă a radiațiilor solare intense asupra organismului 197
6.8. Influența radiațiilor ionizante 197
6.9. Influența temperaturii 197
6.10. Influența umidității, a vântului şi a forțelor mecanice din timpul zborului 198
6.11. Influența spargerii plafonului de nori 198
6.12. Influența accelerației maxime. 199
6.13. Influența vibrațiilor 200
7. Protecția sănătății echipajului 200

7.1. Controlul medical a aerodrom 201
7.2. Controlul medical înainte de zbor 201
7.3. Examenele medicale periodice 201
8. Primul ajutor 201
8.1. Algiile 202
8.2. Senzația de sufocare 202
8.3. Leşinul 203
8.4. Contraindicațiile zborului din punct de vedere medical 203

CAPITOLUL VII TEHNICA PILOTAJULUI 205

1. Manevrarea planoarelor 205
2. Controlul planorului 206
3. Şcoala carlingii 207
4. Balanasarea 207
5. Aclimatizarea 208
6. Efectul comenzilor 208
7. Linia dreaptă 211
7.1. Devierea şi revenirea pe reper 214
8. Virajul 215
8.1. Efectul acționării separate și coordonate a manşei şi palonierului in viraj 217
8.2. Virajele de 90^0,180^0 si 360^0 219
8.3. Virajul glisat şi virajul derapat 219
9. Decolarea şi luarea înalțimii in remorcaj de automosor 220
9.1. Decolarea cu vânt lateral 222
10. Cazuri speciale în remorcaj de automosor 223
11. Decolarea şi remorcajul de avion 224
12. Cazuri speciale in remorcajul de avion 230
13. Apropierea finală şi aterizarea 230
13.1. Apropierea cu vânt lateral 233
13.2. Aterizarea 233
13.3. Aterizarea cu vânt lateral 235
14. Turul de pistă 235
a) turul de pista alcătuit din 4 viraje de 90^0
b) turul de pista alcătuit din 2 viraje de 180^0
c) turul de pista alcătuit din 2 viraje de 90^0 si unul de 180^0
d) turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180^0 si 2 viraje de 90^0
14.1. Influența vântului la executarea turului de pista 240
14.2. Executarea virajelor de 360^o în turul de pista 242
14.3. Executarea turului de pistă cu *s* alungit 242
15. Lucrul în zona 243
16. Tur de pista din remorcaj de avion 243

17. Executarea zborului în simpla comandă 243
18. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 28 B 2 244
19. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D 2 247
20. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 32 A 250

CAPITOLUL I
CUNOAŞTEREA PLANORULUI

1. Generalităţi

Înainte de a studia fenomenele care iau nastere în timpul zborului, trebuiesc studiate părţile componente ale unui planor, precum şi modul cum se manevrează acesta.

Planorul este aparatul de zbor mai greu decât aerul, neechipat cu un grup motopropulsor şi care prin lansare la o anumită înălţime va zbura cu o continuă pantă de coborâre.

Tracţiunea necesară este asigurată de o componentă a greutăţii proprii.

2. Părţile componente ale unui planor

Părţile componente ale unui planor sunt următoarele:

a. aripa planorului;
b. fuselajul planorului;
c. ampenajele planorului;

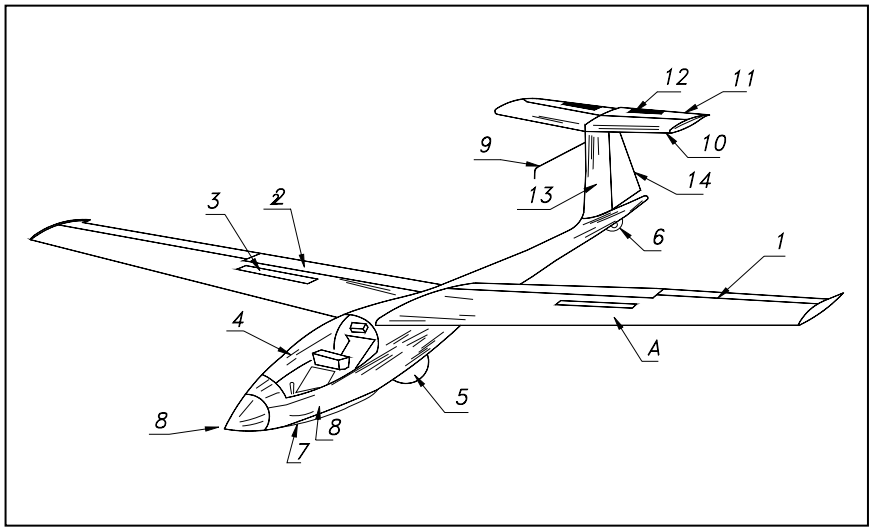


Fig. 2.1. Părţile componente ale unui planor

a. *Aripa* planorului este partea principală a acestuia şi are rolul de a crea forţa portantă necesară executării zborului.

Pe aripă sunt montate:

- *eleroanele* (1) care sunt suprafeţe de comandă şi au rolul de a menţine planorul la orizontală sau ajută la executarea virajelor. Sunt acţionate de manşă la comanda laterală;

- *flapsul* (2) se constituie într-un dispozitiv de hipersustentație şi are rolul de a mări forța portantă în situații speciale de zbor (la decolare şi aterizare);
- *frâna aerodinamică* (3) este o suprafață care se scoate din planul aripii şi are rolul de distrugător de portanță, lucru necesar a fi executat în vederea aterizării pe terenuri scurte.

b. *Fuselajul* planorului este partea principală a planorului cu rolul de a fixa rigid aripile şi ampenajele.

În fuselaj se găseşte amplasată *carlinga* (4) care constituie postul de pilotaj. Tot în fuselaj se găseşte amplasat şi *trenul de aterizare*, format din următoarele părți:
- roata (5);
- bechia (6);
- patina (la unele planoare) (7).

Trenul de aterizare este dispozitivul care serveşte la deplasarea planorului pe sol.
Trenul de aterizare poate fi format din:
- roată şi bechie;
- patină şi bechie;
- roată, patină şi bechie.

Roata este elementul principal al trenului de aterizare, montată în zona centrului de greutate şi care are rolul de a susține întreaga greutate a planorului.

Bechia poate fi fixă sau poate fi o roată mai mică decât roata principală şi este montată la partea din spate a planorului constituind al doilea punct de sprijin al acestuia pe sol.

Patina este un dispozitiv de ranforsare (întărire) a fuselajului în zona posturilor de pilotaj şi are rolul de a proteja planorul (pilotul) în cazul unor eventuale contacte mai dure cu solul.

Tot pe fuselaj se găseşte amplasat şi tubul *Pittot* sau prizele de presiune (statică şi totală). La unele planoare se mai găseşte şi tubul *Braunschweich.*

c. *Ampenajele* sunt formate din:
- *ampenajul orizontal,* alcătuit din *stabilizator* (partea fixă) şi *profundor* (partea mobilă), care servesc la menținerea pantei de zbor a planorului.

Profundorul este acționat tot de mansă, prin mişcarea acesteia înainte sau înapoi.

Pe profundor se găseşte, la unele tipuri de planoare, suprafața de compensare a eforturilor, numită compensator sau trimer.
- *ampenajul vertical* este alcătuit dintr-o parte fixă numită *derivă* şi o parte mobilă numită *direcție.*

Direcția este o suprafață de comandă care este acționată de *paloniere*. Astfel dacă se dă palonier stânga şi direcția se va roti spre stânga, fapt care va duce la rotirea botului planorului spre stânga.

3. Elementele caracteristice ale unui planor

Elementele caracteristice ale unui planor sunt :
- *anvergura* reprezentând lungimea aripii (distanța dintre cele 2 extremități ale aripilor);
- *suprafața portantă* reprezentând suprafața obținută prin proiecția aripii pe o suprafața plană;
- *înălțimea planorului* (care se măsoară pe sol) şi reprezintă distanța dintre sol şi cel mai înalt punct al planorului;
- *înălțimea fuselajului* (care se masoară pe sol) şi reprezintă distanța dintre sol şi cel mai înalt punct al fuselajului;
- *grosimea* (lățimea fuselajului) reprezintă cea mai mare distanță (masurată pe orizontală) a fuselajului;

- *greutatea planorului* care conține şi greutatea pilotului şi a echipamentului necesar zborului (paraşuta, bagaje,etc.).

4. Aripa

Aripa este elementul care produce forța necesară susținerii planorului în zbor şi preia toate eforturile care apar asupra planorului în timpul evoluțiilor. Din acest motiv, constructorii acordă o deosebită atenție construcției aripilor, în vederea obținerii planoarelor de performanță.

Din punct de vedere al modului de montare al aripilor pe fuselaj vom avea planoare cu aripa: *sus, mediană sau jos* (vezi fig. 4.2.).

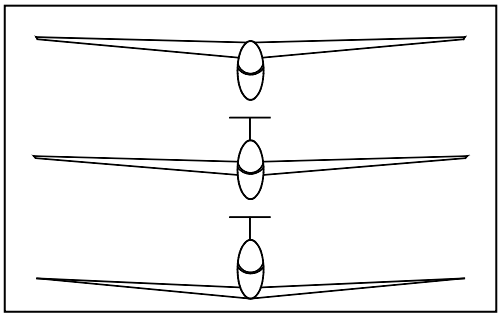


Fig. 4.2. Montarea aripii

După forma în plan, aripile pot fi:
a. dreptunghiulare;
b. dreptunghiulare cu colțuri rotunjite;
c. trapezoidale;
d. trapezoidale cu colțuri rotunjite;
e. eliptice;
f. în sageată;
g. dublu trapezoidale (vezi Fig. 4.3.)

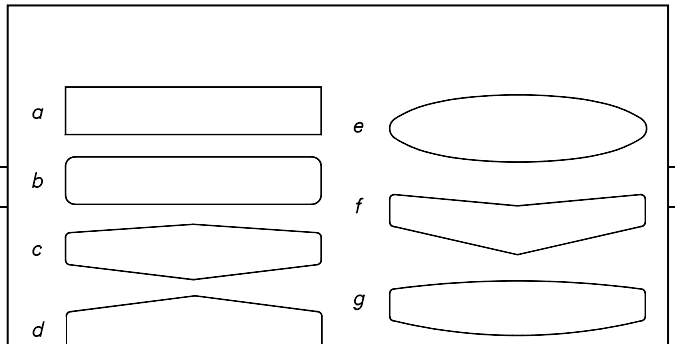


Fig. 4.3. Forma în plan a aripii

4.1. Caracteristicile geometrice ale aripii

- *anvergura aripii* (A) reprezintă lungimea ei de la un capăt la altul;
- *profunzimea aripii* (L) reprezintă lățimea aripii (vom avea profunzimea aripii la capăt (C_c), profunzimea aripii în axul fuselajului (C_i) şi profunzimea medie care reprezintă media aritmetică a celorlalte două);
- *suprafața portantă a aripii* reprezintă suprafața proiecției plane, orizontale a acesteia;
- *alungirea aripii* reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi profunzimea medie (***C**oarda **M**edie **A**erodinamică-CMA*) (vezi fig. 4.4.).

- *alungirea aripii* reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi profunzimea medie (***C**oarda **M**edie **A**erodinamică-CMA*) (vezi fig. 4.4.).

Urmărind o secțiune prin aripă vom putea defini următoarele elemente:

- *bordul de atac* este partea din față a aripii care în timpul zborului loveşte fileurile de aer;
- *bordul de fugă sau scurgere* este partea din spate a aripii;
- *extradosul* este partea de deasupra aripii;
- *intradosul* este partea de dedesubt a aripii (vezi fig. 4.5.).

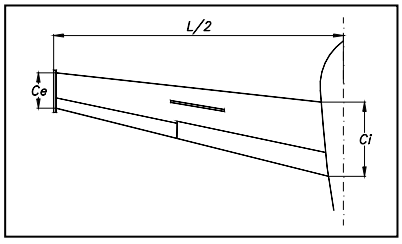


Fig. 4.4. Caracteristicile geometrice ale aripii

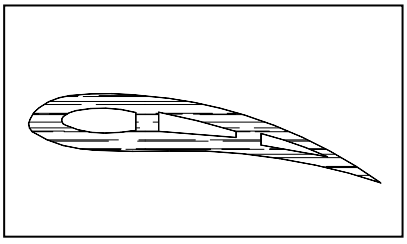


Fig. 4.5. Caracteristicile constructive ale aripii

Indiferent de materialele din care este construită o aripă, ea se va compune din următoarele părți principale:

- *lonjeroane* (unul principal şi eventual unul fals sau 2 principale, care constituie grinda de rezistență a aripii şi a întregului planor;
- *nervuri*, piese care se fixează pe lojeron şi dau forma aripii în spațiu;
- *învelişul* aripii care poate fi din placaj în zona bordului de atac şi împânzit în restul suprafeței. La planoarele din lemn învelişul mai poate fi executat din tablă de aluminiu, răşini sintetice cu fibră de sticlă sau fibră de carbon.

Pe aripă se găsesc montate eleroanele, voleții şi frânele aerodinamice

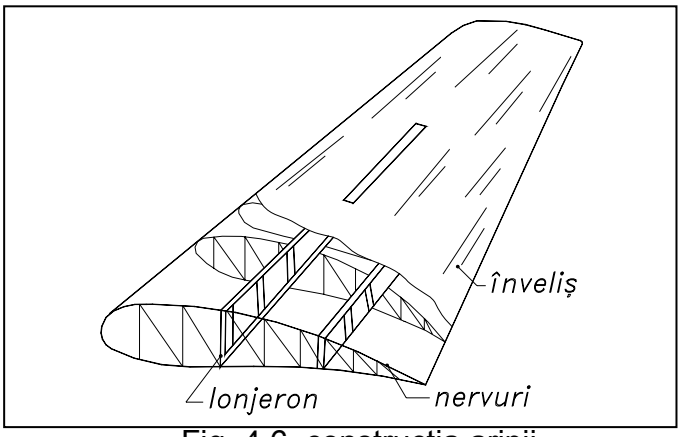


Fig. 4.6. constructia aripii

5. Fuselajul

Este partea centrală a planorului cu rol de a face legătura între aripi şi ampenaje (vezi fig. 5.7.). În fuselaj se găseşte carlinga cu postul (posturile) de pilotaj, trenul de aterizare, etc.

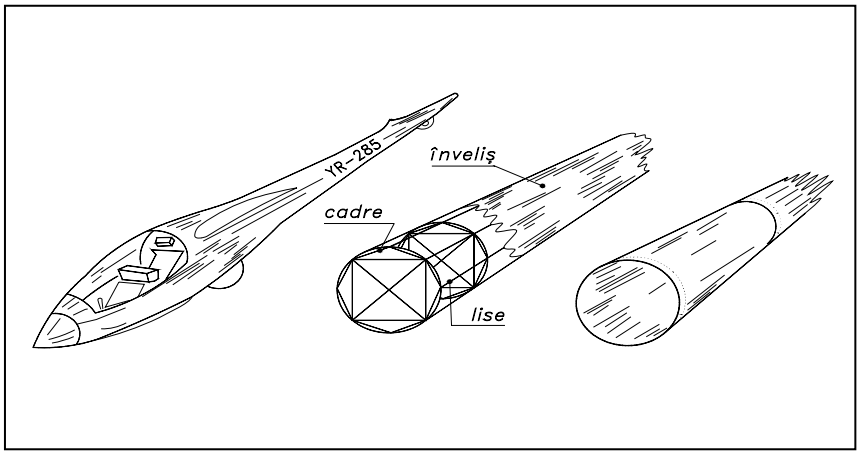


Fig. 5.7. Fuselajul

În funcție de tipul planorului vom avea posturi de pilotaj de simplă comandă (pentru un singur pilot) sau de dublă comandă (pentru 2 piloți).

În cazul planoarelor de dublă comandă aceste 2 posturi pot fi aşezate în *tandem* (unul în spatele celuilalt) sau *cot-a-cot* (în situația când posturile de pilotaj sunt asezate unul lângă altul).

La planoarele moderne trenul de aterizare este format dintr-o roată plasată sub postul de pilotaj, prevăzut cu frână pe tambur şi poate fi fix, escamotabil sau semiescamotabil şi o roată mai mică şi fixă în partea din spate a fuselajului.

Tot pe fuselaj sunt montate şi dispozitivele de declanşare de la avion sau automosor, dispozitive numite *declanşatoare.*

În interiorul carlingii, în afara postului de pilotaj se mai găseşte şi *planşa de bord* cu instrumentele de bord, pârghiile de comandă (*manşa şi palonierele*), cu ajutorul cărora se dau comenzile necesare acționării suprafețelor de comandă (eleron, flaps, direcție, frâna aerodinamică, suprafețe compensatoare).

6. Ampenajele

Ampenajele sunt părțile planorului care au rolul de a menține planorul în zbor stabil ca pantă şi ca direcție.

Ampenajele (vezi fig. 6.8.) sunt formate din:

a. ampenajul orizontal

b. ampenajul vertical.

a. *Ampenajul orizontal* este construit şi are caracterisitici asemănătoare cu cele ale aripii.

Acesta se caracterizează prin faptul că are o parte fixă numită *stabilizator* şi o alta mobilă, numită *profundor.*

Cu ajutorul profundorului se pot menține parametrii de zbor (panta şi viteza).

La unele planoare stabilizatorul şi profundorul fac corp comun fiind de fapt o singură parte care este denumită *profundor pendular*. Pe profundor se mai găseşte montată şi o suprafață numită *compensator*, fiind necesară pentru compensarea efortului pe manşă în profunzime.

Profundorul este acționat de comanda manşei spre înainte sau spre înapoi (spre pilot).

b. *Ampenajul vertical* este format din 2 părti: una fixă numită *derivă* şi una mobilă numită *direcție*, care este acționată la comanda palonierelor.

În funcție de cum sunt montate ampenajele orizontale față de cele verticale vom întâlni următoarele situații (vezi fig. 6.9.):

- ampenaje clasice;
- ampenaje în "T";
- ampenaje în "V".

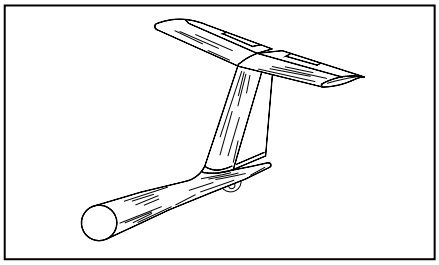


Fig. 6.8. Amenajele planorului

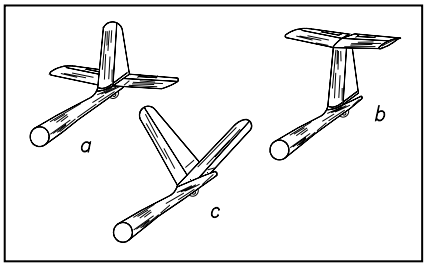


Fig. 6.9. Tipuri de ampenaje

7. Materiale folosite în construcția planoarelor

Înainte de a prezenta materialele folosite în construcția planoarelor trebuie să vedem la ce eforturi sunt supuse piesele care intră în componența unui planor.

Solicitările la care sunt supuse piesele sunt:

- *tracțiunea sau întinderea* (declanşatoarele, cablurile comenzilor, învelişul aripilor, etc);
- *compresiunea* (trenul de aterizare);
- *încovoierea* (lonjeroanele aripilor);
- *forfecarea* apare în zbor în timpul trecerii printr-o suprafață de separație dintre un curent ascendent şi a unuia descendent. Acest fenomen se petrece în mod special la zborul în norii de formație verticală;
- *torsiunea*; aripile în timpul zborului sunt supuse la eforturi de tensiune în jurul lonjeronului.

Pentru a putea îndeplini toate condițiile cerute, în construcțiile aeronautice se folosesc mai multe categorii de materiale. Acestea pot fi împărțite în:

- materiale principale ce intră în construcția pieselor de rezistență şi a pieselor ce dau forma aerodinamică a aeronavei.
- materiale secundare ce intră în construcția pieselor auxiliare ale unei aeronave.

Dintre materialele folosite în construcția aeronautică putem enumera:

a. *lemnul* folosit în construcțiile aeronautice datorită faptului că are greutate relativ mică, este ieftin, se prelucrează uşor, etc. Lemnul întrebuințat, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- rezistența la tracțiune să fie de cel puțin 800 Kgf/cm^2;
- umiditatea să nu depăşească 15% din greutatea sa;
- rezistența la compresiune să fie de cel puțin 400 Kgf/cm^2;
- rezistența la încovoiere să fie de cel puțin 600 Kgf/cm^2.

În construcțiile aeronautice lemnul se foloseşte astfel:

pentru lonjeroane: frasin, molid, brad, pin;
pentru piese curbe: frasin, salcâm, ulm, stejar;
pentru elice: acaju, nuc, cireş, mesteacăn, fag.

b. *placajul* folosit în aviație este făcut din foi neperechi (3, 5, 7, 9, etc.) cu următoarele dimensiuni (grosimi):0,8; 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2; 2,3; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 mm.

Placajul folosit trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- rezistența la tracțiune în lungimea fibrei = 700 kgf/cm^2

- rezistența la tracțiune perpendicular pe fibră = 450 kgf/cm^2
- rezistența la forfecare în lungimea fibrei = 100 kgf/cm^2
- rezistența la forfecare perpendicular pe fibră = 750 kgf/cm^2
- rezistența la forfecare la 45^o = 150 kgf/cm^2

Placajul se foloseşte pentru îmbrăcarea aripilor, fuselajului, ampenajelor, în vederea obținerii formelor arodinamice.

c. *cleiurile* sunt întrebuințate pentru asamblarea diferitelor piese din lemn, palcaj, pânză. Ele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:
- să fie uşor de manipulat;
- să fie uşor de preparat;
- să nu-şi schimbe caracteristicile în timp;
- să fie aderente;
- să fie rezistente la smulgere.

Cleiurile utilizate sunt: clei de gelatină, caseina, cleiurile pe bază de răşini sintetice (care sunt mai bune decât celelate cleiuri).

d. *oțelurile* folosite în construcțiile aeronautice sunt oțeluri speciale care prezintă caracteristici superioare. Oțelurile folosite pentru construcția pieselor de tracțiune, de prindere, bolțuri, tendoare, cabluri de comandă, scripeți, pârghii, etc. trebuie să prezinte o rezistență la tracțiune de 80-100 Kgf/mm^2.

e. *duraluminiul* se foloseşte foarte mult datorită faptului că este uşor (are aceeaşi greutate cu a aluminului) şi are o rezistență mecanică ridicată. Acesta se foloseşte la construcțiile de lonjeroane, nervuri şi a întregului înveliş la planoarele metalice.

f. *pânza* folosită în aviație este din bumbac mercerizat şi neapretat cu o desime de 28-35 de fire pe cm^2 atât în bătaie cât şi în urzeală şi o greutate de cel mult 200 g/m^2.

Rezistența la tracțiune a pânzei înmuiată în apă trebuie să fie de cel puțin 3000 Kg/m^2.

g. *materialele plastice* se folosesc pentru confeționarea carcaselor aparatelor de bord, tablouri de bord iar în ultimul timp pentru corectarea şi chiar confecționarea profilelor aerodinamice.

h. *plexiglasul* se foloseşte pentru confecționarea carlingilor datorită faptului că este transparent şi prin încălzire se modelează uşor.

i. *cauciucul* se foloseşte la trenul de aterizare pentru amortizarea contactului cu solul. Acesta se utilizează sub formă de camere şi anvelope, cilindri găuriți, discuri amortizoare, etc.

Cauciucul se mai foloseşte la garnituri de etanşare, ca amortizoare la fixarea tablourilor de bord, deoarece vibrațiile şi şocurile dereglează aparatele cu care sunt echipate aeronavele.

j. *fibra de sticlă* şi *fibra de carbon* se folosesc în ultimul timp în construcțiile aeronautice de performanță datorită faptului că permit obținerea suprafețelor aerodinamice foarte bine finisate, şi au caracteristici mecanice superioare.

k. protecția aeronavelor împotriva coroziunii şi a umidității se realizează cu ajutorul *lacurilor şi a vopselelor*, iar suprafețele metalice se protejează prin acoperire electrochimică, *cromare, zincare, cadmiere eloxare*, etc.

Datorită dezvoltării tehnologiei, planoarele moderne au caracteristica de finețe maximă de peste 60, fapt care le permite realizarea unor performante ridicate (zboruri de distanță de peste 1.700 Km cu viteze medii de peste 150-200 km/h).

8. Sisteme de lansare la zbor

Deoarece planorul este un aparat de zbor care nu este dotat cu un grup motopropulsor, trebuie să fie ridicat până la o anumită înălțime care să îi permită în continuare un zbor independent.

Mijloacele cu ajutorul cărora se realizează acest lucru se numesc *sisteme de lansare* şi pot fi:

- sandoul;
- automosorul;
- avionul.

Lansarea cu sandoul se realizează prin propulsarea în aer a planorului cu ajutorul unei praştii de dimensiuni mari numită *sandou*.

Planorul este urcat pe deal şi acolo 2 echipe întind sandoul la vale în timp ce aeronava este ancorată. Prin eliberarea planorului, forța elastică din sandou îi imprimă acestuia viteza necesară zborului înălțimea fiind asigurată de diferența de cotă a pantei pe care a fost urcat. Acestă metodă de lansare nu se mai foloseşte deoarece greutatea planoarelor şi viteza de desprindere au crescut mult.

Remorcajul de automosor este metoda prin care planorul este ridicat până la o anumită înălțime cu ajutorul unui dispozitiv special numit automosor (vezi fig. 8.10).

Automosorul este o maşină dotată cu unul sau 2 tamburi, antrenați în mişcare de rotație de un motor, şi pe care se înfăşoară un cablu. Planorul este tras de acest cablu cu o viteză anume. Pilotul planorist va pune planorul pe o pantă de urcare (va trage de mansă), până la o anumită înălțime (cca.200--300 m), după care va declanşa şi va executa tema de zbor.

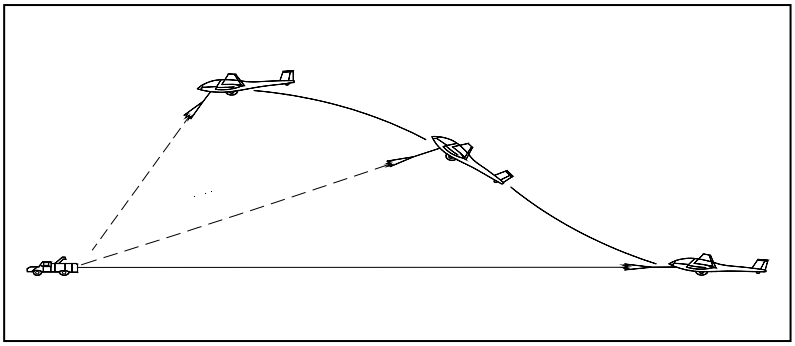


Fig. 8.10. Remorcajul de automosor

Remorcajul de avion este metoda prin care un planor este adus la înăltimea necesară cu ajutorul unui avion. Planorul este legat de avion prin intermediul unei funii lungi de 25-30 m şi când avionul ajunge la înălțimea dorită, pilotul planorist declanşează cablul şi execută zborul liber în continuare.

În România se folosesc, în prezent, pentru remorcaj, avioanele de tip PZL-104 Wilga-35A de construcție poloneză, sau automosoarele de tip AL-34 de construcție românească. În unele aerocluburi se folosesc automosoare de tip "Tost" de construcție germană.

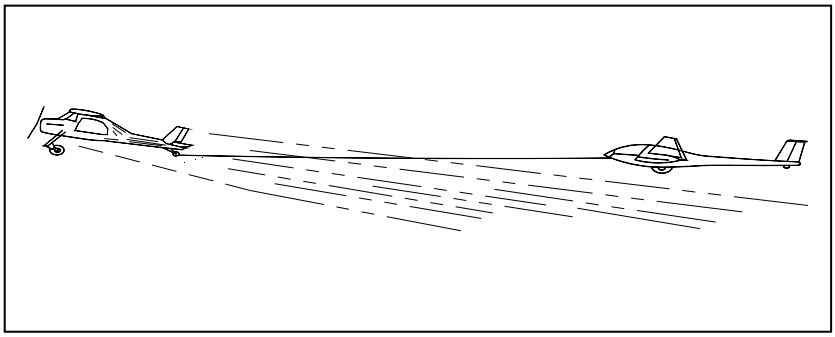


Fig. 8.11. Remorcajul de avion

9. Automosorul AL 34

În continuare vom prezenta pe scurt automosorul de tip AL 34:

Corpul automosorului propriu-zis este montat pe un şasiu de camion tip "Bucegi" fapt care îi permite să se deplaseze de la un loc la altul cu mijloace proprii. Automosorul are pentru acționare un motor de 258 CP, ce antrenează pe rând unul dintre cei 2 tamburi cu care este echipat. Combustibilul folosit este motorina.

Pe tamburi se înfaşoară cabul de remorcaj de 4,5 mm diametru; acesta este de tip multifilar si are o lungime de aproximativ 900-1500 m., lungime ce variază în funcție de lungimea terenului de decolare.

Fiecare tambur este echipat cu o foarfecă pentru tăiat cablul (la comanda pilotului mosorist) şi cu un distribuitor care are rolul de a aşeza cablul pe tambur spiră lângă spiră.

10. Planorul IS 28 B_2

Este un planor de ş*coală şi antrenament* de dublă comandă de construcție românească. Este complet metalic (din duraluminiu) şi are ca destinație zborurile de şcoală, antrenament şi acrobație.

Postul principal de pilotaj se află în față (postul elevului).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* şi frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extrados. Trenul de aterizare este *semiescamotabil*, echipat cu amortizor oleopneumatic. Roata principală este prevăzută cu frână mecanică acționată în continuarea frânei aerodinamice.

La planoarele cu număr de serie pînă la 54, comanda frânei pe roată se găseşte amplasată fie pe manşă, fie pe podea, în partea stângă a postului de pilotaj.

Voletul de curbură are 5 poziții: -1 = -5^o
0 = 0^o
1 = 5^o
2 = 10^o
3 = 15^o

Planorul poate executa următoarele evoluții acrobatice:

- vrie;
- looping;
- ranversare;
- răsturnare.

Pentru zborurile acrobatice planorul va fi echipat cu *accelerometru*.

Factorii de sarcină ai planorului IS 28 B_2 sunt:

- la greutatea de 590 Kgf = + 5.3 şi - 2.65 (varianta Utilitar)
- la greutatea de 520 Kgf = + 6.5 şi - 4 (varianta Acrobat)

Greutăți maxime admise la decolare:

- în dublă comandă = 590 Kgf
- în simplă comandă = 520 Kgf.

Greutatea maxim admisă în spațiul de bagaje (fără a depăşi greutatea maxim admisă) = 20 Kgf.

Greutatea planorului gol = 375 Kgf

Centrajul este realizat în limitele: 22% CMA (față) şi 47% CMA (spate).

În situația în care pilotul este prea uşor se vor monta greutăți de plumb pe podeaua postului de pilotaj față, după cum urmează:

La planoarele până la seria 45, pentru piloții uşori, (greutate între 55-61 Kgf), se va pune lest o greutate de 6 Kgf.

Pentru planoarele cu seria de fabricație peste 45 centrajul se asigură după cum urmează:

65-70 Kgf în postul principal 4 Kgf lest
60-65 Kgf în postul principal 8 Kgf lest
55-60 Kgf în postul principal 11.3 Kgf lest

Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:

- variometru $\pm$ 5 m/s;
- variometru $\pm$ 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj şi glisadă.

Ultimele planoare din serie au din construcție montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Planorul IS 28 B_2 se admite la zbor cu următoarele defecte:

- trenul de aterizare nu se poate escamota, dar este siguranțat pe poziția scos;
- mici deformații pe înveliş datorate unor lovituri;
- fisuri ale cupolei de plexiglas (dar nu mai mari de 100 mm);
- lipsa geamurilor;
- nituri mişcate pe învelişul aripii (dar nu mai mult de 10% din îmbinare şi nu mai mult de 3 nituri alăturate);
- spărturi ale învelişului suprafețelor de comandă mai mici de 50 mm.

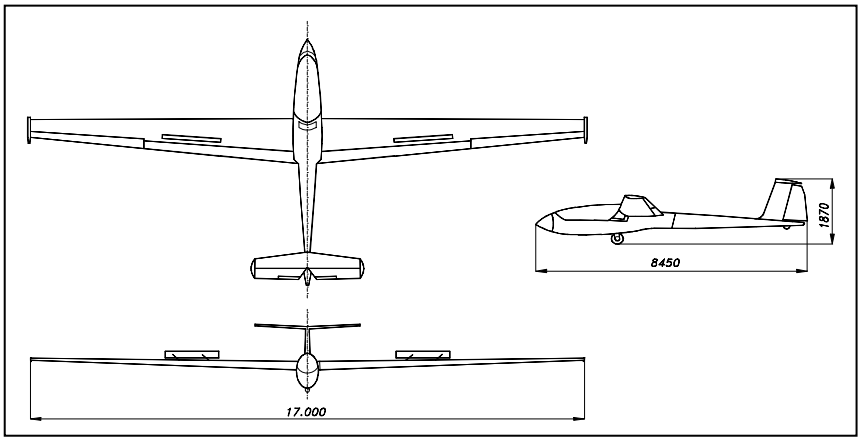


Fig. 10.12. Planorul IS 28 B_2

Caracteristicile geometrice şi parametri de zbor sunt prezentați împreună cu cele ale planorului IS 29 D_2.

Particularitățile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

11. Descrierea cabinei planorului IS 28 B_2

Ambele posturi de pilotaj (asezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor *şarniere,* spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găseşte *maneta de închidere-deschidere a cabinei*, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se găseşte *maneta de largare a cupolei* (mâner de culoare roşie).

Comanda voletului (mâner de culoare neagră) şi a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posuri, se află *maneta de comandă a frânei pe roată* (la planoarele până la seria 45).

Pe partea stângă a cabinei în fața *comenzii frânei aerodinamice* se găseşte *maneta de comandă a compensatorului* (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găseşte *comanda de escamotare a trenului de aterizare* (poziția înainte = tren escamotat).

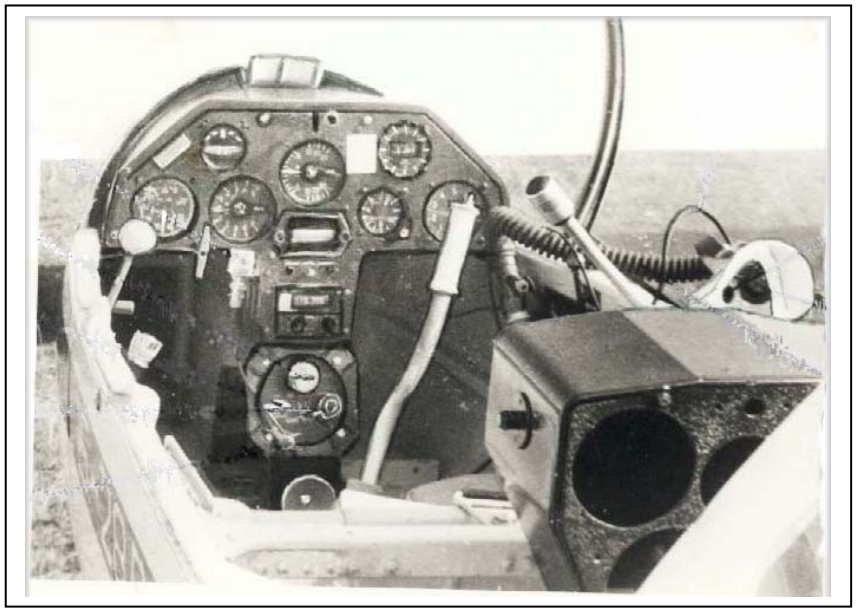


Fig. 11.13. Descrierea cabinei planorului IS 28 B_2

Comanda declanşatorului (maneta galbenă) se găseşte amplasată pe postul din față în partea stângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găseşte pe partea stângă a tabloului de bord.

În fața manşei, pe podea, în postul de pilotaj față, se găsesc *casetele pentru fixarea lestului suplimentar de corectare a centrajului* şi deasupra acestora, la centru, *rozeta de reglare a poziției palonierului.*

Descrierea plansei de bord a planorului se găseste în cap. 5. "Instrumente de bord".

12. Planorul IS 29 D_2

Este un planor pentru *antrenament şi performanță*, monoloc (de simplă comandă), de construcție românească. Este complet metalic (din duraluminiu).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* şi frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extrados. Trenul de aterizare este escamotabil, echipat cu amortizor de cauciuc. Roata principală este prevazută cu frână mecanică acționată în continuarea frânei aerodinamice.

La ultimele serii de planoare, comanda frânei pe roată se găseşte amplasată pe manşă.

Voletul de curbură are 5 poziții: -1 = -5^o
0 = 0^o
1 = 5^o
2 = 10^o
3 = 15^o

Planorul poate executa următoarele evoluții acrobatice:

- vrie;
- looping;

- ranversare;
- immelman.

Factorii de sarcină ai planorului IS 29 D_2 sunt:
-la greutatea de 360 Kgf + 5.3 şi - 2.65

Greutatea maxim admisă în spațiul de bagaje (fără a depăşi greutatea maxim admisă) 20 Kgf.

Greutatea planorului gol 244 Kgf.

Centrajul este realizat în limitele: 18.75% CMA (față) şi 43% CMA (spate).

Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:
- variometru ± 5 m/s;
- variometru ± 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj şi glisadă.

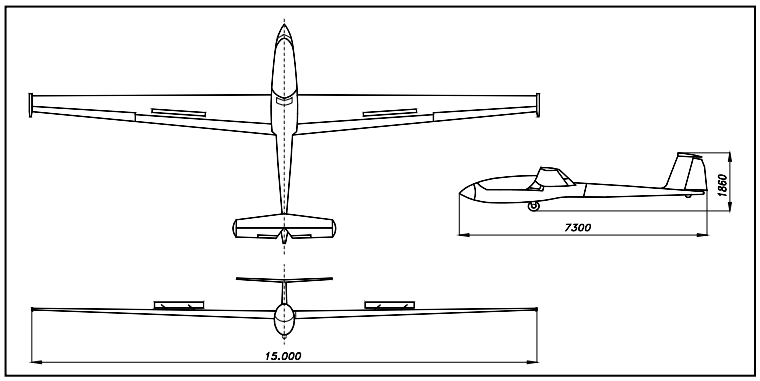


Fig. 12.14. Planorul IS 29 D_2

Ultimele planoare din serie au din construcție montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Particularitățile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

13. Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

DIMENSIUNI	IS 28 B_2	IS 29 D_2
Anvergura	17 m	15 m
Lungime maximă	8.45 m	7.3 m
Înălțime maximă	1.87 m	1.68 m
Suprafața aripii	18.24 m^2	11.68 m^2
Diedrul aripii	2^o.30'	2^o
Suprafața eleronului 2 x	1.28 m^2	1.04 m^2
Suprafața voletului		1.36 m^2
Suprafața stabilizatorului	1.37 m^2	0.79 m^2
Suprafața derivei	0.68 m^2	0.628 m^2
Suprafața profundorului	1.36 m^2	0.59 m^2
Suprafața direcției	0.81 m^2	0.556 m^2
Bracajul profundorului în sus	30^o	25^o
Bracajul profundorului în jos	26^o	20^o
Bracajul direcției la stânga	30^o	41^o
Bracajul direcției la dreapta	30^o	41^o
Bracajul eleroanelor în sus	28^o	28^o
Bracajul eleroanelor în jos	10^o	15^o
Bracajul flapsului în sus	5^o	5^o
Bracajul flapsului în jos	15^o	15^o

14. Caracteristicile în zbor ale planoarelor IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

DIMENSIUNI	IS 28 B_2	IS 29 D_2
Finețea maximă a planorului	34	37
Viteza de zbor în S.C.	94 Km/h	93 Km/h
Viteza de zbor în D.C.	100 Km/h	-
Viteza de cădere pentru finețe maximă: - în simplă comandă - în dublă comandă	 0.82 m/s 0.86 m/s	 0.7 m/s -
Viteza minimă de cădere fiind de: se obține la viteza de zbor de:	0.6 m/s 80 Km/h	0.6 m/s 78 Km/h
Viteza minimă de cădere în D.C. este obținută la viteza	0.86 m/s 85 Km/h	-
Viteza maxim admisă (V_{NE})	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă la rafală a vântului de 15 m/s	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de avion	140 Km/h	140 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de automosor	125 Km/h	125 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere a trenului şi cu trenul de aterizare scos	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere şi cu frâna aerodinamică scoasă *	230 Km/h	225 Km/h
Viteza de manevră (V_A)	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă cu voletul bracat în poziția: -1 1 şi 2 3	 230 Km/h 180 Km/h 130 Km/h	 225 Km/h - 140 Km/h
Viteza de angajare în configurația de aterizare (viteza limită cu volet în poziția +3)(V_{SO})	65 Km/h	65 Km/h
Viteza minimă fără volet (greutate planor = 590 Kgf)	70 Km/h	75 Km/h
Viteza optimă de remorcaj avion	110-115 Km/h	110-115 Km/h
Viteza optimă de remorcaj automosor	100 Km/h	105 Km/h
Viteza optimă de apropiere pentru aterizare (cu volet scos)	100 Km/h	100 Km/h

Viteza minimă de apropiere pentru aterizare	85 Km/h	90 Km/h
Viteza normală de aterizare (de contact cu solul la aterizare)	65-70 Km/h	70 Km/h
Viteza maximă a componentei laterale a vântului admisă la decolare	6 m/s	6 m/s

* La planoarele IS 28 B_2cu seria până la 54, viteza maximă de scoatere şi de zbor cu frâna aerodinamică scoasă este de 140 Km/h.

15. Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

MARCAJ	IS 28 B_2	IS 29 D_2
linie radială roşie	230 Km/h	225 Km/h
arc galben (utilizare cu prudență)	165-230 Km/h	172-224 Km/h
arc verde (utilizare normală)	70-165 Km/h	75-172 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleților)	65-130 Km/h	65-140 Km/h

16. Planorul IS 32 A

Este un planor biloc cu locuri în tandem, de construcție complet metalică, cu ampenaj în "T" şi tren de aterizare escamotabil. Este prevăzut cu volet de curbură interconectat cu eleroanele (*flapperon*) şi frâne aerodinamice.

Planorul este destinat zborului de antrenament şi performanță.

Planorul este echipat cu tren principal monoroată, escamotabil, cu amortizor oloepneumatic şi cu o roată bechie.

Voletul cu eleronul (cu manşa la mijloc) au 4 poziții:

-1 = -5^o
0 = 0^o
1 = 5^o
2 = 10^o

Frâna aerodinamică de tip Hutter este amplasată pe extrados şi pe intrados.

Ambele posturi de pilotaj (aşezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor şarniere spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găseşte maneta de închidere-deschidere a cabinei, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se gaseşte maneta de largare a cupolei (mâner de culoare roşie). Comanda voletului (mâner de culoare neagră) şi a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posturi, se află maneta de comandă a frânei pe roată (a trenului de aterizare).

Pe partea stângă a manşei, la baza sa, se găseşte comanda compensatorului (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găseşte comanda de escamotare a trenului de aterizare (poziția înainte = tren escamotat).

Comanda declanşatorului (maneta galbenă) se găseşte amplasată pe postul din fată în partea sângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găseste pe peretele din stânga cabinei.

În fața manşei, pe podea, în postul de pilotaj față, se găsesc casetele pentru fixarea lestului suplimentar de corectare a centrajului şi deasupra acestora, la centru, rozeta de reglare a poziției palonierului.

17. Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A

Anvergura	20 m
Lungimea maximă	8.36 m
Înălțimea maximă	1.55 m
Suprafața aripii (diedru de 2^o)	14.68 m^2
Suprafața eleronului (2 x 0.1945 m^2 =)	0.389 m^2

Suprafețe ampenaje:

Stabilizator	1.16 m^2
Profundor	0.6 m^2
Deriva	0.697 m^2
Direcție	0.57 m^2

Bracaje:

Profundor în sus	$30^o \pm 2^o$
Profundor în jos	$27^o \pm 2^o$
Direcție în stânga	$30^o \pm 2^o$
Direcție în dreapta	$30^o \pm 2^o$
Eleron în sus	$-17^o \pm 2^o$
Eleron în jos	$10^o \pm 2^o$

Zborul în nori este interzis.
Zborul de noapte este interzis.

Factori de sarcină la greutatea maximă de 590 Kgf: +4 şi -1;
Greutate planor gol: 407 Kgf;
Greutatea maximă în D.C. (utilitar): 590 Kgf;
Greutatea maximă în spațiul de bagaje (fără a depăşi greutatea admisă: 20Kgf
Limitele de centraj:

- față: 19.3% CMA
- spate: 44.1% CMA

Pentru încadrarea în limitele de centraj în cazul piloților uşori se utilizează lest suplimentar de plumb amplasat pe podeaua postului de pilotaj față, după cum urmează:

55-65 Kgf în postul de pilotaj principal 14,6 Kgf lest
66-75 Kgf în postul de pilotaj principal 7,3 Kgf lest

Lestul se aplică la zborurile în SC când greutatea pilotului (inclusiv paraşuta) este mai mică decât 75 Kgf.

Finețea optimă este de 46.5 şi se obține la viteza de 104 Km/h în SC şi 108 Km/h în DC.

Viteza maxim admisă a vântului lateral este de 5 m/s.

18. Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A

Viteza maxim admisă (VNE)	195 Km/h
Viteza maximă la rafală a vântului de 15 m/s (V_B)	160 Km/h
Viteza maximă în remorcaj de avion (V_T)	140 Km/h
Viteza maximă cu trenul de aterizare scos (V_{LO})	195 Km/h
Viteza maximă de scoatere a trenului (V_L)	140 Km/h
Viteza maximă cu frânele scoase (V_{frina})	195 Km/h
Viteza maximă cu voletul bracat la 10^o (+2)	140 Km/h
Viteza maximă de lansare cu automosorul	125 Km/h
Viteza de manevră (V_A)	160 Km/h
Viteza de angajare în configurația de aterizare (V_{SO})	80 Km/h
Viteza de angajare în configurație normală (volet=0^o)	86 Km/h
Viteza minimă de înfundare (de 0.56 m/s) se obține la viteza de	90 Km/h

Marcarea vitezometrului:

linie radială roşie	195 Km/h
arc galben (utilizare cu prudentă)	160-195 Km/h

arc verde (utilizare normală)	85-160 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleților)	80-140 Km/h
triunghi galben	110 Km/h

19. Norme de întreținere a planoarelor

Normele de întreținere constau într-o serie de controale, revizii periodice care se fac:

- zilnic, înainte de zbor
  -la scoaterea din hangar;
  -la start.
- saptămânal
  -la efectuarea unui număr de zboruri stabilite;
  -la întoarecerea din zborul de distanță;
  -la stocare;
  -când se observă sau se depistează un defect.

Întreținerea propriuzisă constă în:
-curățirea interioară şi exterioară a planorului;
-gresarea pieselor în mişcare;
-controlul şi aducerea la poziția normală a amortizoarelor şi a cauciucurilor;
-reglarea comenzilor şi a compensatoarelor;
-reglarea instrumentelor de bord;
-aprovizionarea cu surse electrice, oxigen, etc. pentru instrumentele şi echipamentul de bord.

Întreținerea aparatelor de bord constă în însăşi montarea lor în aşa fel încât să fie ferite de şocuri şi presiuni. Aceasta se realizează prin montarea tabloului de bord pe planor prin intermediul garniturilor de cauciuc. Se va avea grijă să nu existe gâtuiri sau fisuri la conducte.

Conductorii electrici trebuie să aibă continuitate, să aibă izolația în bună stare.

Prizele de aer trebuie să fie curate, iar în repaus să fie husate.

Prizele trebuie să fie ferite de şocuri mecanice şi de modificări de secțiune.

Bateriile pentru instrumentul giroscopic să fie schimbate la timp.

Busola să fie compensată, controlată zilnic pentru depistarea eventualelor defecte.

Orice instrument va fi înlocuit în situația în care o cauză internă face ca acesta să nu funcționeze sau să dea indicații eronate.

CAPITOLUL II
METEOROLOGIE

1. Generalități

Meteorologia este ştiința care se ocupă cu studiul atomosferei şi a fenomenelor din atmosferă.

Starea vremii influențează în mod deosebit desfăşurarea întregii activități aeronautice (precum şi multe alte domenii de activitate ale omului). Activitatea de cercetare meteorologică este pusă la punct pe întreg globul prin înființarea în anul 1951 a ***O**rganizației **M**eteorologice **M**ondiale*, instituție specializată a ONU.

Pe plan intern, activitatea de cercetare meteorologică se realizează prin ***I**nstitutului **M**eteorologic **C**entral* (înființat în anul 1884), care în anul 1991, prin reorganizare se va numi ***I**nstitutul Național de **M**eteorologie şi **H**idrologie*.

Acest institut este organizat în țară printr-o rețea de stații meteorologice şi hidrologice; acestea culeg date pe care le centralizează INMH şi apoi le retransmite pe tot globul. Institutul Național de Meteorologie şi Hidrologie este dotat şi cu o stație de urmărire şi transmisie a datelor culese de sateliții meteorologici.

2. Atmosfera

Atmosfera este învelişul gazos al globului pământesc, cunoscut sub denumirea de *aer*.

Aerul este un amestec de gaze conținând în plus vapori de apă, particule microscopice, fum, praf, micrometeoriți, săruri, bacterii, etc. (acestea pot atinge 4% din atmosferă).

Studiind aerul uscat s-a constatat că procentajul gazelor componente ale atmosferei este următorul: 78,9% azot; 20,95% oxigen; 0,93% argon; 0,03% bioxid de carbon. Restul de câteva sutimi îl formează gazele rare cum ar fi: hidrogenul, heliul, radonul, neonul, criptonul, xenonul, metanul, ozonul.

Cu toate că aceste gaze au greutăți specifice diferite, din cauza mişcărilor atmosferei nu se pot stratifica în raport cu densitatea lor aşa că până la altitudini de cca. 70 km compoziția aerului este aproape omogenă.

3. Înălțimea atmosferei

Înălțimea maximă a atmosferei este de 2500 km, dar în mod practic se consideră ca fiind extinsă până la 800 km.

La această înălțime aerul este extrem de rarefiat, elementele (moleculele) găsindu-se, nu în stare moleculară, ci în stare atomică.

4. Zonele atmosferei

Zonele atmoserei au fost determinate în urma studiului făcut privind variația temperaturii cu înălțimea. Aceste zone sunt:
- troposfera;
- stratosfera;
- mezosfera;
- termosfera.

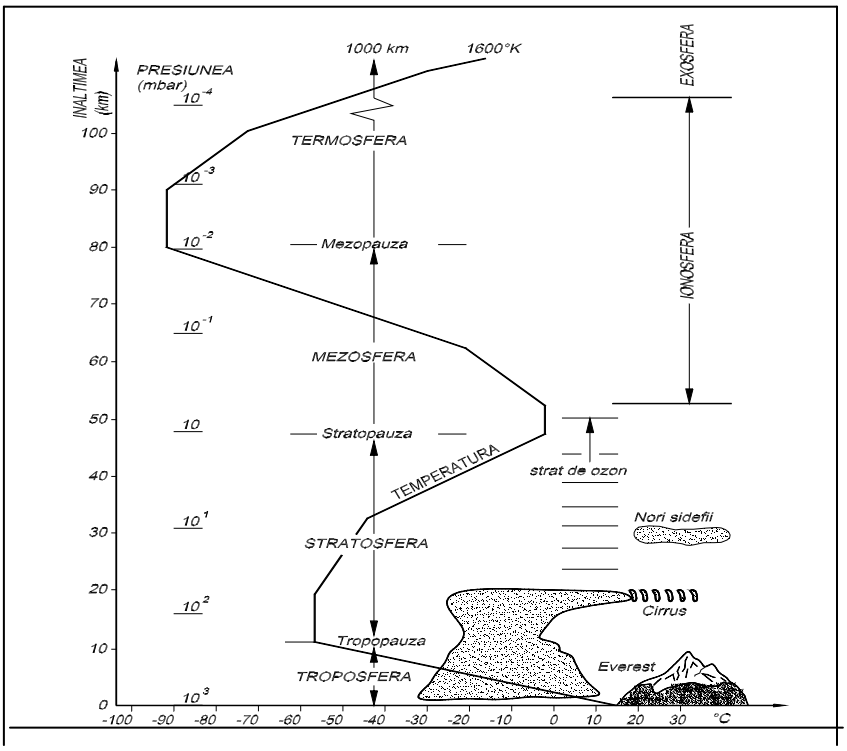


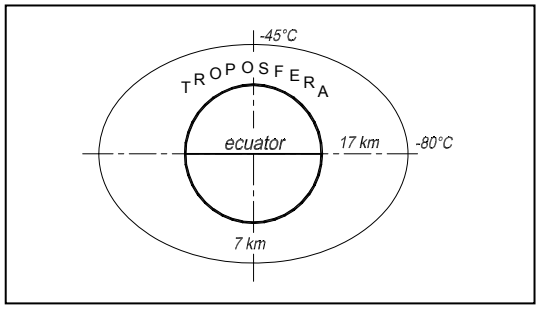
Fig. 4.1. Zonele atmosferei

Troposfera *(zonă în care au loc toate fenomenele obişnuite din natură: ploaie, fulgere, trăsnete etc.)* se află cuprinsă ca înălțime între 5-8 km la pol şi 15-18 km la ecuator (Fig. 4.2.).

Tropopauza separă troposfera de stratul următor, stratosfera, prezentând un salt brusc de temperatură.

Temperaturile medii sunt de -45^{o} C la pol şi de -80^{o}C la ecuator.

Această zonă este caracterizată prin existența unor vânturi puternice de natură termică şi prezintă unele discontinuități datorate unor curenți foarte puternici numiți *curenți jet*.



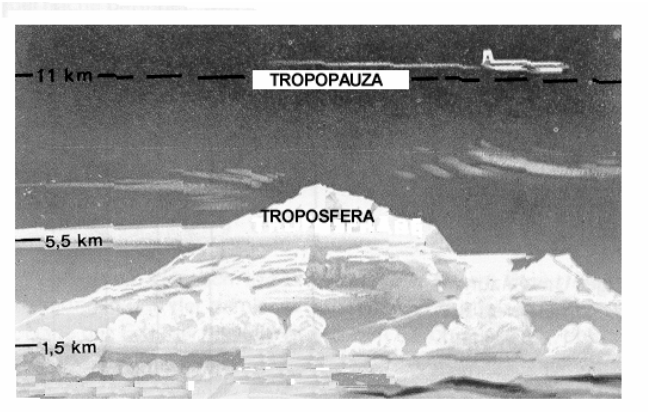


Fig 4.2. Troposfera

Convențional, tropopauza are o altitudine de 11km şi temperatura standard de -56,5°C.

Stratosfera se întinde până la 35-50 km.

Temperatura, la început, are un mers staționar ca apoi să crească mult datorită ozonului care absoarbe razele ultraviolete.

Stratul de ozon se află între 20-30 km înălțime, având o grosime de câțiva metri.

Stratosfera este mai groasă la poli şi mai subțire la ecuator.

Vizibilitatea este foarte bună, conținutul de vapori de apă fiind foarte redus.

Vânturile, deşi sunt foarte puternice, au un caracter *laminar.* Până la 25 km predomină vânturile de vest, iar deasupra cele de est.

Stratopauza este o zonă de tranziție între stratosferă şi mezosferă aflată la altitudinea de aproximativ 50 km fiind caracterizată printr-un maxim de temperatură.

Mezosfera este caracterizată prin descreşterea temperaturii cu înălțimea, atingând -70°C între 80-85 km altitudine .

Termosfera este caracterizată prin creşterea continuă a temperaturii ajungându-se temperaturi de peste 1000 °C.

Ionosfera. Aici aerul este puternic ionizat (electrizat). Acest fenomen are loc datorită bombardării moleculelor gazelor rarefiate de către razele cosmice (straturile ionizate reflectă undele electromagnetice către pământ).

Exosfera este caracterizată prin aceea că aerul nu se mai găseşte în stare moleculară (ci atomică) datorită bombardării moleculelor cu raze cosmice. Aici vom întâlni ziua temperaturi de aprox. +2500 ^{o}C, iar noaptea aproape de -273 ^{o}C.

5. Factorii atmosferici

Aerul atmosferic este caracterizat de 3 factori atmosferici care nu sunt legați funcțional ci sunt în *interdependență statică*.

Cei 3 factori sunt: *presiunea, temperatura şi umiditatea*.

În afară de aceştia, aerul se mai caracterizează printr-o *mişcare turbulentă* în raport cu suprafața terestră.

Ansamblul *marilor mişcări permanente* şi din care rezultă *circulația atmosferei* depinde de *distribuția temperaturii pe glob* şi de *rotația pământului*.

Mişcarea aerului constituie o problemă fundamentală pentru *meteorologia sinoptică* (aceasta efectuează observații pentru prevederea de temperatură).

6. Temperatura aerului

Prin temperatură se înțelege starea de încălzire a unui corp (repectiv starea de încălzire a aerului).

Căldura este o formă de energie. Dacă un corp primeşte căldură el se încălzeşte, iar cînd cedează căldura el se răceşte.

În natură schimbul de energie se face astfel încât corpurile mai calde cedează căldura celor mai reci.

Fiecare corp are o căldură specifică şi în funcție de aceasta el se va încălzi mai uşor sau mai greu. Prin *căldură specifică* a unui corp înțelegem cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi cu un grad Celsius un kilogram din acel corp. Unitatea de măsură este Joule/kg ^{o}C.

Corpurile având călduri specifice diferite se vor încălzi de la aceeaşi sursă (de exemplu soare) în mod diferit.

6.1. Propagarea căldurii

Căldura se propagă prin conducție (contact), convecție şi radiație.

Prin *conducție* căldura se propagă în interiorul corpurilor materiale sau la limita de contact dintre corpuri diferite, aceasta *transmițându-se de la moleculă la moleculă*.

Corpurile pot fi:

- rău conducătoare de căldură (lemn, plastic, etc.);
- bune conducătoare de căldură (metale).

Prin *convecție* căldura se propagă în mediile fluide (care au coeficienți de conducție cu atât mai scăzuți cu cât densitatea fluidului este mai scazută) *prin curenți* generați de către diferențele de temperatură. Astfel, prin aceste medii, prin curenți căldura poate fi uşor transportată dintr-o regiune caldă în alta rece, pe distanțe medii.

Prin *radiație* căldura se propagă prin intermediul *radiației electromagnetice* (spectrul caloric).

Toate corpurile cu temperaturi peste -273^{o}C (0^{o}K), emit radiații calorice ce au diferite lungimi de undă care, pe măsură ce creşte temperatura se apropie de lungimea de undă a razelor luminoase (corpurile cu temperaturi de peste 500^{o}C).

6.2. Încălzirea atmosferei

Încălzirea atmosferei se realizează de la pământul încălzit de soare prin conducție la limita de contact cu aerul atmosferic şi prin *convecție* pentru straturile îndepărtate. De la soare aerul primeşte o cantitate foarte mică de căldură deoarece este un mediu transparent (Fig. 6.3.).

Suprafața terestră se încălzeşte de la soare prin *radiație* şi datorită structurii diferite a acestuia (oraşe, lacuri, câmpii, munți, păduri) se va încălzi în mod diferit. Aerul din imediata vecinătate a solului se va încălzi prin contact de la sol, va deveni mai uşor (mai puțin dens) şi va urca în altitudine dând naştere *curenților de convecție* care vor încălzi la rândul lor atmosfera până la mari înălțimi.

Curenții turbulenți (starea de agitare dezordonată şi transportul *advectiv* al unor mase de aer contribuie de asemenea la încălzirea atmosferei. *Comprimarea* sau *dilatarea* aerului produce de asemenea *efecte termice* (încălzire, răcire).

Noaptea solul se răceşte treptat şi prin contact se va răci şi aerul din apropierea solului (*răcire nocturnă*). Atmosfera terestră se comportă ca un *termostat* moderându-şi c[ldura ziua şi întârziind pierderea acesteia noaptea.

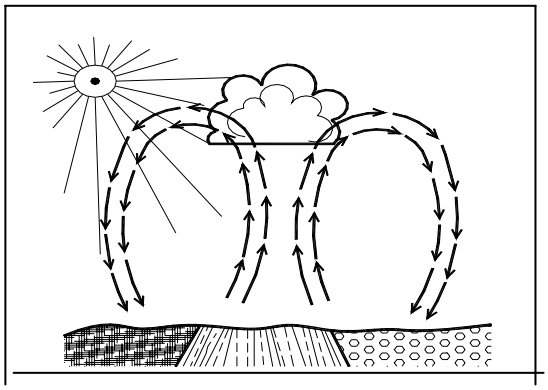


Fig. 6.3 Încălzirea atmosferei

M.6.3. Măsurarea temperaturii

Se realizează cu ajutorul termometrelor (cu alcool sau cu mercur).

Mai există termometre de maximă şi de minimă temperatură (vezi Fig. 6.4.), precum şi termometre înregistratoare numite *termografe*.

Unități de masură pentru temperatură:

- gradul *Celsius* (^oC); se consideră 0^oC *punctul de îngheț al apei* şi 100^oC *punctul de fierbere a apei*;
- gradul *Kelvin* (^oK); ca valoare $1^oK=1^oC$, dar 0^oK este *zero absolut*, rezultând:

$0^oK = -273.15^oC$;
$0^oC = 273.15^oK$;
$100^oC = 373.15^oK$;

- gradul *Fahnrenheit* (folosit în țările anglo-saxone); -32°F= *punctul de îngheț al apei* şi 212°F= *punctul de fierbere a apei*;
1°C = 9/5°F;
1°F = 5/9°C.

În mod obişnuit temperaturile mai mari de 0°C se notează cu "+" (de exemplu +15°C), iar cele mai mici de 0°C se notează cu "-" (de exemplu -25°C).

Temperatura standard în aviație este de +15°C la 760 mm Hg.

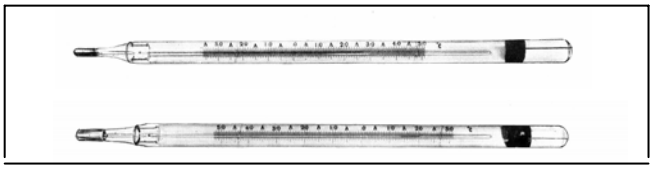


Fig. 6.4. Măsurarea temperaturii

6.4. Variațiile temperaturii aerului

A. Considerând *acelaşi loc* de pe glob vom avea următoarele *variații de temperatură*:

a. *periodice*: diurnă şi sezonieră;

În cazul variației *diurne* temperatura prezintă un *maxim* la cca. 2-3 ore după ce soarele a trecut la meridian (la verticala locului) şi un *minim* după ce a răsărit soarele.

În cadrul variației *sezoniere* temperatura prezintă un *maxim* vara şi un *minim* iarna;

b. *neperiodice* (accidentale) ale temperaturii sunt produse de *perturbații atmosferice* ca de exemplu invazii de aer (cald sau rece).

B. Variația temperaturii *de la loc la loc* se prezintă astfel:

- mergând *pe meridian temperatura scade de la ecuator spre poli*;
- *invaziile de mase de aer* (cald sau rece) fac ca *pentru aceeaşi oră* să avem *pe locuri relativ apropiate diferențe de temperaturi* destul de mari.

Privind distribuția temperaturii pe sol (deci pe orizontală), pe *hărțile sinoptice* se trasează *izotermele* din 5 în 5°C. (*Izotermele reprezintă liniile ce unesc toate punctele cu aceeaşi temperatură*).

C. *Variația temperaturii în înălțime*.

Temperatura în general scade cu înălțimea datorită faptului că aerul este un mediu rău conducător termic. Uneori între sol şi 10 m pot fi variații de temperatură de 5°C până la 10°C. În înălțime temperatura scade în general ca în Fig. 6.1. Totuşi, până la 5 km (în troposferă), nu întotdeauna temperatura va scădea cu înălțimea. Peste 5 km, temperatura scade cu 6.5°C/km până la tropopauză (-45°C la pol şi -80°C la ecuator).

În atmosferă *aerul care urcă se destinde şi ca urmare se răceşte* (în mod *adiabatic)* iar *la mişcările descendente se încălzeşte*.

6.5. Gradientul termic

Gradientul termic vertical reprezintă variația temperaturii pentru o diferență de nivel de 100 m. În meteorologie pentru întocmirea *diagramelor aerologice* (obținute în urma *sondajelor radio în altitudine*), se foloseşte, pentru *aerul uscat,* valoarea de 1°C/100 m (*gradientul adiabatic uscat*), iar pentru *aerul umed saturat*, valoarea de 0,5°C/100 m (*gradientul adiabatic umed*).

În aviație s-a adoptat ca *gradient mediu* valoarea de 0,65°C/100m.

6.6. Inversiune, izotermie

Zona în care temperatura creşte odată cu creşterea de înălțime se numeşte zonă de inversiune sau, simplu, inversiune.

Izotermia este reprezentată de zona în care temperatura este staționară cu creşterea de înălțime.

Cauzele care produc inversiunile şi izotermiile sunt multiple:
- radiația nocturnă în nopțile senine;
- invazii de aer rece care produc inversiuni la sol;
- comprimarea aerului, invazii de aer pe diferite straturi, pături de nori, căldura de condensare a vaporilor de apă;
- fronturile meteorologice care produc inversiuni sau izotermii în altitudine.

În situația inversiunilor la sol se produce *ceața* ce are ca efect micşorararea vizibilității.

7. Umezeala aerului

După cum am văzut la structura atmosferei, în aer vom găsi, în afară de elementele chimice, apa. Aceasta se poate afla sub cele 3 stări de agregare pe care le cunoaştem: *gazoasă, lichidă şi solidă*, după cum urmează:
- starea gazoasă – vapori de apă, este invizibilă;
- starea lichidă - sub forma picăturilor fine de apă care formează ceața, burnița, ploaia, norii, etc.;
- starea solidă - zăpada, gheața, grindina, etc.

Conținutul în apă al atmosferei este variabil şi provine din evaporarea apelor de suprafață (oceane, lacuri, râuri, transpirația plantelor, etc.). Evaporarea are loc până când aerul devine *saturat,* adică el conține cantitatea maximă de vapori, surplusul condensându-se. *Procesul de evaporare depinde de temperatură*; astfel dacă temperatura este mai mare şi cantitatea de vapori poate fi mai mare. Dacă luăm o cantitate de aer şi îi micşorăm temperatura, se ajunge la un moment când aerul se va satura, producându-se *condensarea*.

Temperatura la care aerul devine saturat se numeşte tempertura punctului de rouă.

Umezeala absolută (U_a) exprimă cantitatea de vapori de apă în grame conținută de 1m^3 de aer (în momentul determinării). Se detemină astfel: se ia un tub cu o substanță *higroscopică* care se cântăreşte. Se aspiră prin tub 1m^3 de aer şi se cântăreşte din nou tubul. Diferența de greutate reprezintă tocmai cantitatea de vapori de apă. Umezeala absolută este direct proporțională cu temperatura. Astfel iarna umezeala absolută nu depăşeşte 5gr/m^3, iar vara este peste 10-15gr/m^3.

Umezeala absolută maximă (U_{am}) exprimă cantitatea maximă de vapori de apă ce o poate conține 1m^3 de aer la o anumită temperatură.

T (°C)	-30	-20	-10	0	10	20	30
U_{am} (g/m^2)	0.3	1,1	2,3	4,9	9,4	17,3	30,4

Din tabelul de mai sus se observă că *umezeala absolută maximă creşte odată cu creşterea temperaturii aerului*.

Umezeala relativă (U_r) exprimă raportul dintre umezeala absolută şi umezeala absolută maximă, în procente U_r.

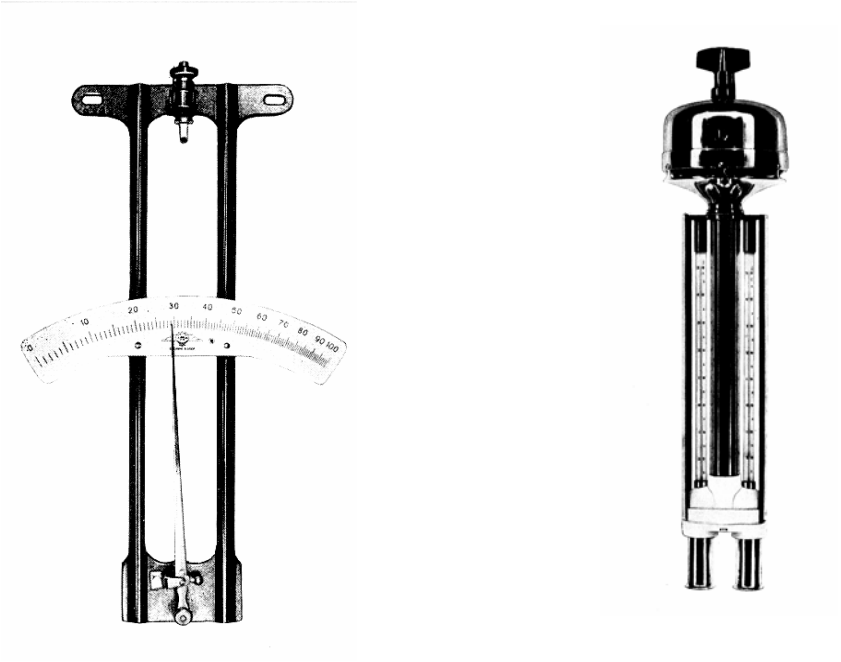
$U_r = U_a/U_{am}$ 100 (%)

Umezeala relativă variază invers proporțional cu temperatura; astfel în zilele călduroase de vară ea este mai mică, decât noaptea (când temperatura este mai mică). Altfel spus *umezeala relativă este raportul dintre tensiunea elastică a vaporilor de apă în momentul respectiv şi teniunea maximă ce o poate avea aerul la temperatura din momentul respectiv*.

7.1. Măsurarea umezelii

Dintre mărimile fizice ale umezelii aerului singura care se poate măsura direct este umezeala relativă. Instrumentul cu care se face măsurarea se numeşte *higrometru* (vezi Fig. M.7.5).

Acesta se construieşte cu un fir de păr (blond şi degresat), care este foarte sensibil la umezeală (adică se întinde foarte mult la umezeală).



Higrometrul Psihrometrul

Fig. 7.5. Instrumente de măsurare a umezelii

Pentru măsurarea temperaturii punctului de rouă şi a umezelii relative (se scoate din tabele) se foloseşte *psihrometrul* (vezi Fig. 7.5).

Acesta este format din două termometre din care unul are *bulbul* umed şi unul bulbul uscat.

Prin intermediul unei turbine se suflă peste aceste termometre (asupra bulbului) un metru cub de aer. La sfirşitul operației se citeşte diferența de temperatură.

În funcție de temperatura ambiantă şi de diferența respectivă din tabele se va scoate umezeala relativă şi temperatura punctului de rouă.

7.2. Relații între temperatură şi umezeală

Umezeala aerului este în strânsă legătură cu temperatura sa. Ele sunt direct proporționale astfel:

- umezeala absolută este mai mare vara decât iarna, deoarece din cauza temperaturii ridicate vara procesul de evaporare este mai intens, în timp ce iarna evaporarea este mai scăzută, deci şi umezeala absolută este mai mică;
- umezeala absolută maximă este cu atât mai mare cu cât temperatura aerului este mai mare (un metru cub de aer poate să conțină mai mulți vapori cu cât creşte temperatura);
- umezeala relativă reprezentând raportul dintre U_a şi U_{am} va avea un mers invers cu cel al temperaturii. Astfel, pentru un metru cub de aer pe masură ce îi scădem temperatura, observăm că scade şi U_{am} deci U_r creşte (urmărim formula de la pct. 7.).

Exemplu: considerăm că avem un metru cub de aer care are U_a = 10g şi temperatura de 17^oC:

$U_r = U_a/U_{am} \times 100 = 10/17 \times 100 = 58$ %

Dacă scădem temperatura la 10^oC vom avea U_{am} = 9,4 g/m şi respectiv $U_r = 10/9.4 \times 100 =$ 100 % deci aerul este saturat.

7.3. Variația umezelii

Ca şi la temperatură vom avea variații periodice şi accidentale:

Variații periodice (regulate)

a. diurnă şi

b. sezonieră;

a. variația diurnă

- U_{am} creşte ziua, iar noaptea scade;
- U_a creşte ziua, scade noaptea (ziua evaporarea este mai intensă datorită temperaturii mai mari);
- U_r este mai mare noaptea şi mai mică ziua (ziua apa se evaporă şi noaptea cantitatea evaporată duce la creşterea U_r datorită scăderii temperaturii şi respectiv a U_{am};

b. variația sezonieră

- U_{am} creşte vara şi scade iarna;
- U_a este mai mică vara față de iarna, când temperaturile sunt mai mici;
- U_r ca şi umezeala absolută este mică vara față de iarna.

Variația accidentală a umezelii se produce datorită mişcărilor maselor de aer, mişcări datorate anumitor cauze (de exemplu diferența de temperatură de la un loc la altul).

Variația umezelii în altitudine

În înălțime datorită scăderii presiunii (se tratează la pct. 8.1.), aerul se dilată (îşi măreşte volumul). Deoarece pentru masa de aer care urcă, cantitatea de apă rămâne aceeaşi (dar volumul se măreşte), umezeala absolută se micşorează astfel că U_a ajunge la înălțimea de 5.000 m să aibă doar o zecime din valoarea de la sol.

Umezeala relativă creşte până la *nivelul de condensare*, atinge cele mai mari valori în nori iar deasupra scade brusc, deoarece aerul devine foarte uscat.

` *Nivelul de condensare reprezintă înălțimea la care umezeala relativă devine 100% (vaporii de apă condensează)*. În acest moment apar norii.

8. Presiunea atmosferică

Datorită greutății proprii aerul exercită asupra corpurilor o forță ce poartă denumirea de *presiune*.

Prin presiune se înțelege apăsarea exercitată de o coloană de aer având suprafața bazei de 1cm^2 şi înălțimea egală cu înălțimea atmosferei.

Toricelli, prin experiența sa, dovedeşte existența presiunii atmosferice (Fig. 8.6.).

Unitățile de masură pentru măsurarea presiunii atmosferice sunt *milimetrul coloană de mercur (mmHg) şi hectoPascalul (hPa).* În anul 1986, Organizația Meteorologică Mondială a stabilit că în onoarea savantului francez Blaise Pascal (1623 - 1662) să se introducă unitatea de măsură a presiunii numită "Hectopascal", înlocuind vechea unitate de măsură, milibarul: (1HPa = 1mb).

Pentru măsurători se foloseşte *mercurul* deoarece are o densitate mare (Fig. 8.6.) şi necesită coloane relativ scurte.

760 mmHg = 1033,6 g/cm^2;

1 g/cm^2 = 1 dynă;

1 mmHg = 1,33 hPa.

Pentru un calcul rapid se ia 1mmHg = 4/3hPa şi, respectiv,

1hPa = 3/4mmHg.

Măsurarea presiunii se face cu ajutorul:

- *barometrului* cu mercur sau cu capsulă aneroidă;
- *barografului* (aparat înregistrator).

Funcționarea acestor aparate se analizează la capitolul "Instrumente de bord".

Pentru efectuarea măsurătorilor se face reducerea presiunii la 0^{o}C, prin calcul sau tabele.

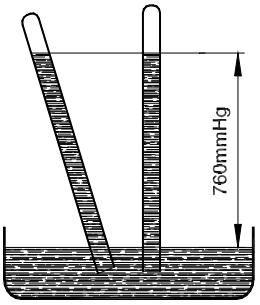


Fig. 8.6. Experiența lui Toricelli

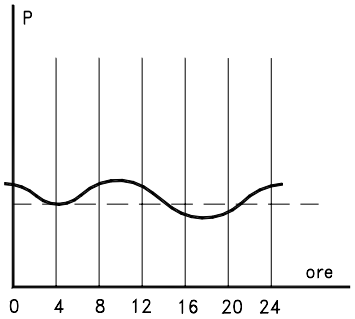


Fig. 8.7. Variația diurnă a presiunii

8.1. Variațiile presiunii atmosferice

a. *variația diurnă* (Fig. 8.7.) reprezintă două maxime şi două minime pentru 24 de ore astfel:
- maxime în jurul orelor 10 şi 24 şi
- minime în jurul orelor 04 şi 16.

Aceste variații diurne pot atinge un hectopascal (milibar) în zonele temperate şi câțva milibari în cele tropicale.

b. în afara variațiilor diurne există şi *variații sezoniere*; astfel pe continent presiunea prezintă un maxim iarna şi un minim vara, iar pe oceane maximul este vara şi minimul este iarna.

c. *variațiile accidentale su*nt mai importante deoarece sunt legate de caracterul timpului.

Acestea sunt produse de perturbațiile atmosferice şi pot atinge 10 mb într-un timp scurt.

d. *variația presiunii în altitudine*

Presiunea atmosferică scade (vezi Fig. 4.1.) în altitudine datorită:
- scăderii densității aerului în înălțime;
- scurtării coloanei de aer odată cu creşterea înălțimii.

Savantul Laplace a stabilit *legea variației presiunii cu altitudinea*. Aceasta este o funcție logaritmică complexă. Pentru a uşura calculele a fost introdusă *treapta barică.* Aceasta reprezintă distanța pe verticală, în metri, pentru care se înregistrează o descreştere a presiunii atmosferice cu 1 milibar.

Treapta barică se calculează pe intervale pe care se poate aproxima o scădere liniară a valorii presiunii după cum urmează:
- la nivelul mării scade cu 1mb pentru 8,4 m sau cu 1 mmHg pentru fiecare 11,2 m;
- la 5000 m presiunea scade cu 1 mb la fiecare 16 m;
- la 11000 m presiunea scade cu 1 mb la fiecare 32 m.

8.2. Vântul

Datorită fluidității sale aerul poate avea *mişcări orizontale, verticale sau înclinate*.

Mişcarea orizontală a aerului se numeşte vânt.

Mişcările verticale şi înclinate se numesc curenți.

Vântul este provocat de diferența de presiune (pe orizontală) de la loc la loc. Aceste diferențe pe orizontală există atât la nivelul solului cât şi la înălțime. *Cauza principală a acestor*

diferențe o constituie încălzirea inegală a suprafeței terestre deci şi a maselor de aer din vecinătatea acestora.

Astfel spre zonele mai încălzite (unde presiunea este mai mică) se îndreaptă aerul mai rece (cu o presiune mai mare).

8.3. Mărimile ce definesc vântul

Mărimile ce definesc vântul sunt *direcția şi intensitatea (forța)*.

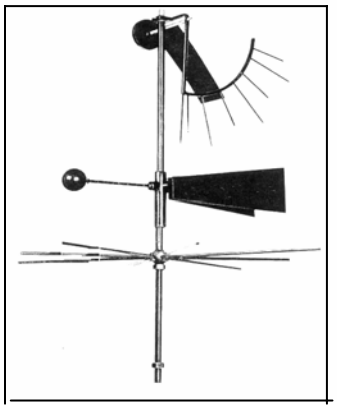


Fig. 8.8. Girueta

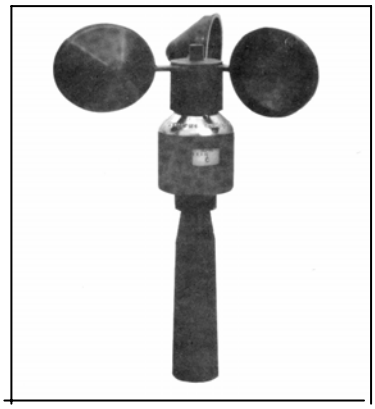


Fig. 8.9. Anemometrul cu cupe

Prin *direcție,* în meteorologie se înțelege *direcția de unde "suflă" (vine) vântul*. Ea se indică prin grade sexagesimale cu următoarea corespondență: N = 360^o (0^o); S = 180^o; E = 90^o; W = 270^o.

Viteza vântului se exprimă în următoarele unități de măsură: m/s; km/h; mile marine/h (= nod (1 milă marină = 1853m)).

Transformarea din km/h în m/s se face înmulțind m/s cu 3,6 sau, aproximativ, înmulțind m/s cu 4 şi scăzând din produs cifra zecilor.

Direcția vântului este indicată la sol de *giruete* (vezi Fig. 8.8.), iar în înălțime cu ajutorul *baloanelor* sau a *radiosondelor.*

Pe aerodrom, pentru măsurarea direcției vântului, se mai foloseşte *mâneca de vânt şi T-ul mobil*.

Pentru măsurarea *intensității vântului se folosesc anemometrele cu cupe sau cu palete, sau anemografele* (vezi Fig 8.9.).

8.4. Izobarele

Distribuția presiunii atmosferice pe suprafața globului este indicată pe hărțile meteorologice cu ajutorul izobarelor.

Izobarele sunt liniile care unesc punctele cu aceeaşi presiune atmosferică.

Hărțile izobarice pot fi anuale, lunare, zilnice, etc.

Dacă izobarele formează o serie de cercuri concentrice în jurul unui punct, această zonă se numeşte *centru de presiune*.

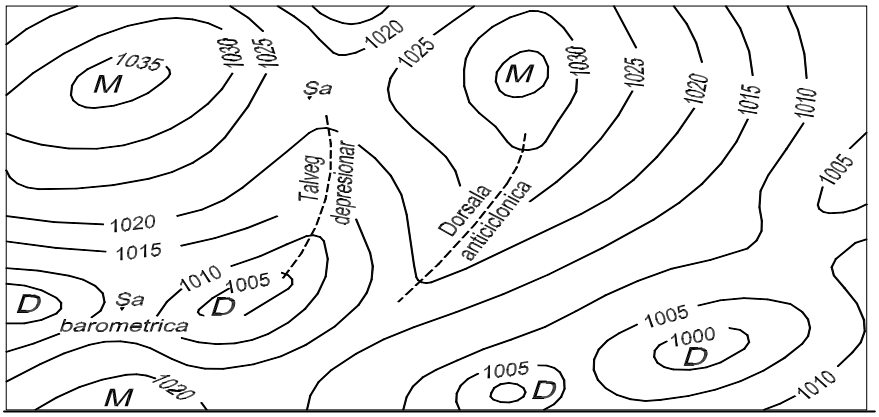


Fig. 8.10. Formațiuni barice

8.5. Ciclonul

Se mai numeşte centru de minimă presiune şi este o formă barică caracterizată prin descreşterea presiunii către centrul sistemului.

Izobara exterioară de referință este de obicei 1010 mb.

Vântul are o mişcare de la exterior spre centru sau î*n sens invers acelor de ceasornic* (pentru emisfera noastră).

Făcând o paralelă între izobare şi *curbele de nivel* putem asemăna ciclonul cu o *depresiune orografică sau o căldare* (vezi Fig. 8.10.).

8.6. Anticiclonul

Se mai numeşte *centru de maximă presiune şi este o formă barică caracterizată prin creşterea presiunii de la exterior spre centrul sistemului*.

De obicei izobara exterioară care delimitează sistemul este de 1020mb.

În anticiclon *vântul bate de la centru spre exterior în sensul acelor de ceasornic rotindu-se totodată în jurul său* (vezi Fig. 8.10)

Comparându-l cu formele de relief, *anticiclonul ar fi analog munților izolați sau mameloanelor*. Acest lucru este posibil deoarece în reprezentarea topografică şi valoarea curbelor de nivel creşte spre centrul reprezentării. Pe hărțile *sinoptice, ciclonul se notează cu D iar anticiclonul cu MB sau M*.

Talvegul baric (T) este analog unei văi topografice şi se caracterizează prin izobare în formă de "V". Cotele izobarice descresc din exterior spre valea talvegului.

Dorsala anticiclonică este o prelungire a anticiclonului şi are izobarele în formă de "U", ale căror cote cresc de la margine spre axa mediană a dorsalei.

Şaua barică este analoagă şeii ce leagă două masive muntoase. Izobarele cresc din exterior spre axa şeii.

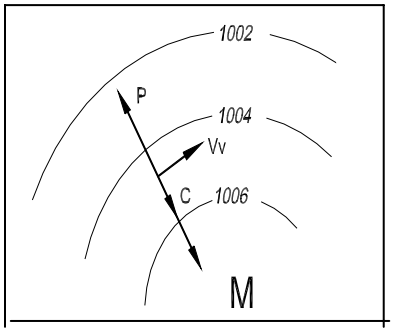


Fig. 8.11. Vânt de gradient

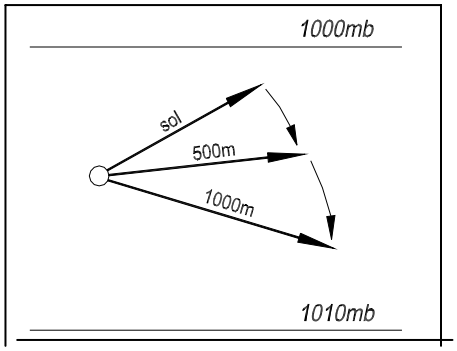


Fig. 8.12 Rotirea vântului în altitudine

8.7. Diferența de direcție şi de intensitate a vântului la sol şi în altitudine

Ştim că vântul reprezintă mişcarea orizontală a aerului față de suprafața terestră. Ca să se producă această mişcare, este necesară o forță.

În cazul aerului, forța care produce mişcarea orizontală este diferența de presiune. Această diferență, raportată la o unitate de lungime (se ia ca unitate de lungime un grad de latitudine care este echivalent cu 111km) se numeşte *gradient baric*.

Mişcarea aerului produsă de forța de gradient a presiunii este perpendiculară la izobare (sau izohipse în altitudine).

Datorită mişcării de rotație a pământului intră în funcțiune forța lui Coriolis, aerul fiind deviat, în emisfera nordică, spre dreapta direcției sale de mişcare (vezi Fig. 8.11.).

În mişcarea maselor de aer la sol intervine şi *forța de frecare* care va avea ca efect schimbări de direcție şi de viteză datorate neuniformității solului.

Forța Coriolis se combină cu forța de frecare pentru a echilibra forța de presiune.

Datorită forțelor menționate mai sus, dacă privim o hartă sinoptică, vom vedea că la sol vântul face un unghi de 30^o față de izobare, izohipse la înălțime (vezi Fig. 8.12.).

Având în vedere ca odată cu creşterea înălțimii forța de frecare scade (la 1000 m devine neglijabilă), vântul apare paralel cu izohipsele datorită mişcării aerului spre dreapta în emisfera nordică (forța Coriolis). În acelaşi timp viteza creşte.

Ținând seama de *efectul de deviere şi rotire a vântului* se poate spune (în timpul zborului, pentru emisferea nordică) că *atunci când vântul este de spate* (la sol şi în altitudine), *presiunea joasă este în stânga* (vezi Fig. 8.10.).

8.8. Tipuri de vânt

A. În funcție de structură vom avea: vânt laminar şi vânt turbulent;

a. vânt laminar;

În situația când vântul are o mişcare uniformă, atât în ce priveşte viteza cât şi direcția, scurgerea aerului făcându-se în straturi paralele, spunem că avem vânt laminar.

b. vânt turbulent;

În cazul când întâlneşte obstacole, vântul suferă variații în ceea ce priveşte direcția şi intensitatea, devenind vânt turbulent.

Uneori, față de viteza medie vântul poate prezenta creşteri bruşte de viteză sau salturi ce poartă denumirea de rafale. Pentru ca vântul să fie considerat rafalos este necesar ca durata unei rafale să nu depăşească două minute. Peste 12m/s, vântul devine supărător pentru navigația aeriană, mai ales atunci când are caracter de vijelie.

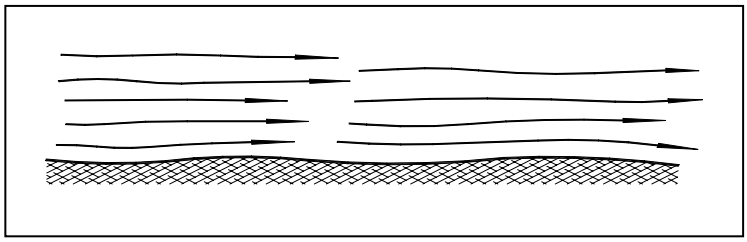


Fig. 8.13. Vânt laminar

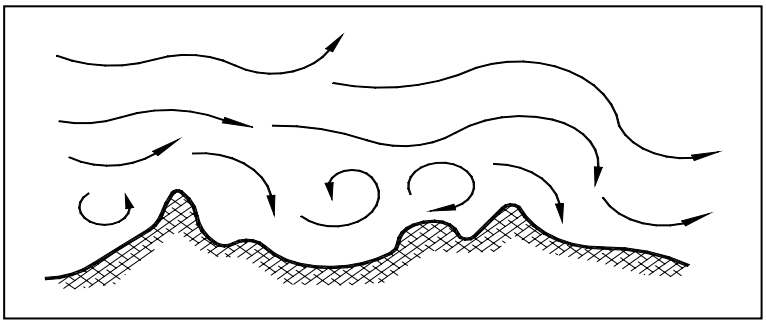


Fig. 8.14. Vânt turbulent

B. Vânturi periodice şi regulate;

Din observațiile şi studiile făcute s-a văzut că, în anumite zone ale globului, vântul are un caracter *permanent şi regulat*. Astfel în zonele dintre ecuator şi tropice, suflă *vânturile alizee*. În zona asiatică şi Oceanul Indian se produc *vânturi sezoniere numite musoni* (de ex: musonul indian).

C. Vânturi locale;

Datorită configuarției solului foarte diferită, care detemină încălziri diferite, iau naştere vânturi locale, cum ar fi:

a. *brizele marine, care sunt mişcări ale aerului pe orizontală determinate de încălzirea diferită a uscatului faţă de mare* (vezi Fig. 8.15).

Aceste mişcări sunt ziua de la mare spre uscat (*briza de mare*) iar noaptea de la uscat spre mare (*briza de uscat*).

Acest lucru se datorează faptului că uscatul se încălzeşte mai repede ziua şi se răceşte mai repede noaptea.

Brizele de mare se simt pe continent până la cca. 10-15 km distanță de apă şi au o viteză de aproximativ 5 km/h.

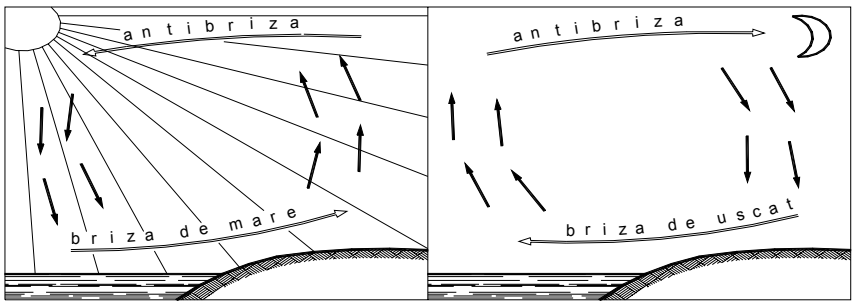


Fig. 8.15. Briza de mare

b. *briza de munte (vântul catabatic) ia naştere în zonele muntoase şi este determinată de răcirea mai rapidă a crestelor noaptea*; aerul rece coboară pe pantă la vale, iar ziua în condiții de insolatie, crestele se încălzesc, aerul devenind mai puțin dens fiind înlocuit de aerul mai rece de pe vale care urcă spre creste. Astfel ia naştere briza de vale.

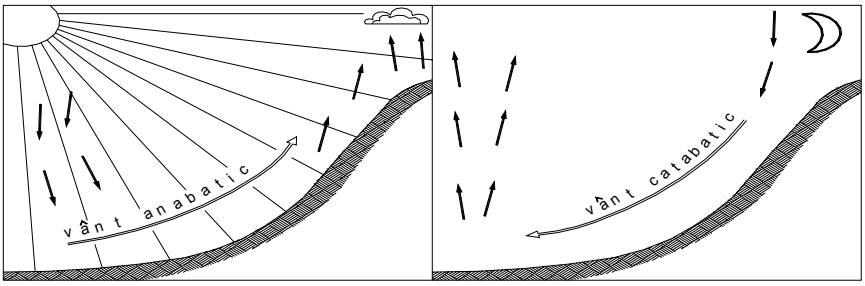


Fig. 8.16. Briza de munte

c. *efectul de fohn* se produce atunci când, din diferite cauze, pe doi versanți ai unui munte avem diferență de presiune (pe unul maxim şi pe altul minim), aerul mai dens urcă pe munte şi coboară pe partea cealaltă a acestuia (vezi Fig. 8.17).

Aerul antrenat pe panta ascendentă se răceşte după adiabata uscată (se răceşte cu $1^oC/100m$), până la saturație, când, prin condensare, eliberându-se căldura latentă, se va răci după adiabata umedă ($0,5^oC/100m$).

Pe creastă norul se precipită sau îşi urmează calea pe orizontală, iar un fileu de aer uscat coboară cu panta. La coborâre, prin comprimare aerul se încălzeşte şi fiind uscat, se va încălzi după adiabata uscată (1°C/100m).

Vântul cald şi uscat care coboară pe panta unui munte reprezintă efectul de fohn.

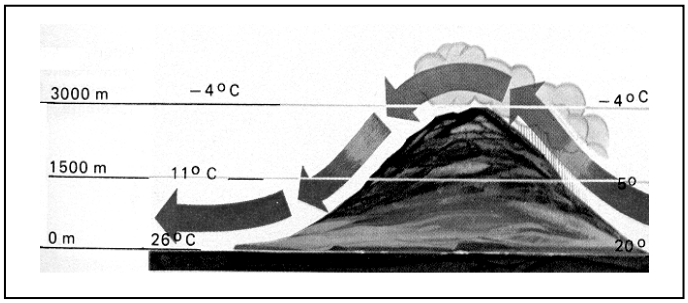


Fig. 8.17. Efectul de fohn

Astfel, în urma acestui efect, la piciorul pantei, în partea de sub vânt aerul este mai cald decât cel de la piciorul pantei din vânt.

La noi în țară există multe zone în care se resimte efectul de fohn cum ar fi: vântul mare din Făgăraş (mâncătorul de zăpadă), în Podişul Mehedinți, zona Caransebeş, etc.

d. *undele orografice*.

În timp ce la efectul de fohn aerul urcă şi apoi coboară pe celălalt versant, aici coborârea este rareori laminară (urmărind profilul reliefului), frecvent însă devine turbionară. Din acest motiv scurgerea este perturbată, perturbare ce se resimte până la de 3-4 ori înălțimea obstacolului în funcție de următorii factori:

- vântul suflă dinspre munte dintr-o direcție de până la 30° față de perpendiculara la sistemul noros, direcție care se menține constantă până la creastă;
- existența unui sistem noros cu înălțimi apreciabile şi pante accidentate;
- intensitatea vântului la piciorul pantei este de peste 8m/s şi se măreşte spre creastă;
- existența unei atmosfere cu stratificare termică stabilă (existența unei zone de izotermie sau inversiune);
- perturbarea atmosferei (deformarea curentului aerian) nu se limitează la straturile de aer învecinate crestelor, ci se resimte până la distanțe mari față de crestele muntoase, în partea de sub vânt.

Sub aceste *mişcări ondulatorii ale maselor de aer deformate*, apar deseori *zone turbionare* pe axa orizontală față de creste, turbioane numite *rotori*.

Turbulența în cadrul acestor zone este deosebit de intensă, curenții verticali, în vecinatatea rotorilor şi mai ales în interiorul lor poate depăşi 8 m/s (vezi Fig. 8.18.).

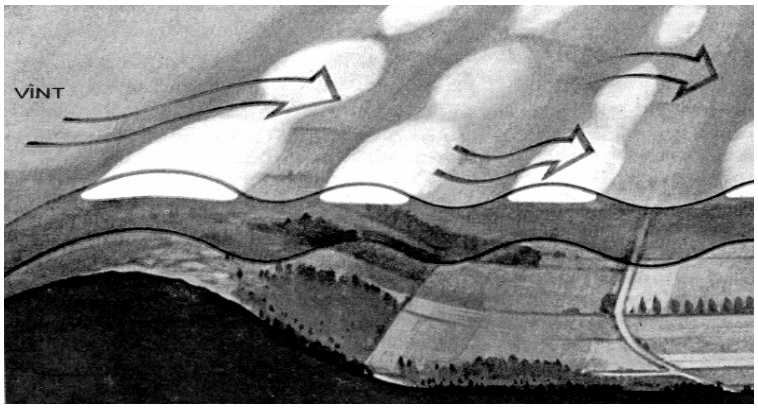


Fig. 8.18. Undele orografice

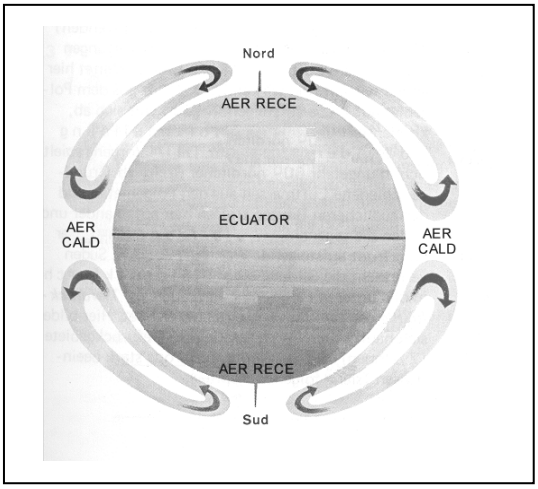


Fig. 8.19. Circulația atmosferei

La noi în țară din cauza influențelor climatice din Europa Centrală şi Bazinul Mediteranei, întâlnim o gamă variată a vânturilor locale:
- *Crivățul* este vântul cel mai specific în Moldova, Dobrogea, sudul şi estul Munteniei şi suflă în special iarna;
- *Austrul* suflă dinspre sud în zona Olteniei, Banatului, Crişanei, ajungând în Moldova ca un vânt cald, uscat, aducând geruri mari;
- *Nemirul* suflă în depresiunile din estul Tansilvaniei şi a Braşovului fiind considerat ca o prelungire a crivățului care se strecoară prin trecătorile Carpaților Orientali.

8.9. Circulația generală a aerului

După cum am văzut, mişcarea aerului este cauzată de repartiția inegală a presiunii atmosferice, *aerul deplasându-se din regiunile anticiclonice către cele ciclonice în straturile inferioare şi invers în păturile mai înalte*.

Cauza principală care provoacă o distribuție inegală a presiunii pe glob este încălzirea neuniformă a suprafeței terestre. Pe glob există un focar permanent de căldură (zonă intertropicală) şi două focare de frig (calotele polare).

Circulația generală a atmosferei este prezentată în Fig. 8.19. unde se observă că aerul rece de la poli se îndreaptă spre zonele tropicale, iar pentru înălțime o importanță deosebită o au *curenții jet*.

9. Norii

Sunt constituiți din picături fine de apă sau cristale de gheață suspendate în atmosferă.

Norii au forme şi mărimi diferite foarte variate iar culoarea şi strălucirea se datoresc difuzării razelor soarelui în mod diferit.

Condițiile pentru formarea norilor sunt condensarea şi sublimarea vaporilor de apă care trebuie să aibă un stadiu de saturație avansat şi să conțină nucleele de condensare (sublimare). Condensarea şi sublimarea se realizează în natură prin:

- radiație (radiația nocturnă);
- convecție şi mişcare ascendentă;

*Radiația solului î*n timpul nopții produce răcirea aerului în urma căreia se va produce condensarea care va da norii cu plafon jos sau ceața.

Mişcările de convecție pot fi termice (datorită încălzirii neuniforme a solului) sau dinamice (când aerul urcă pe panta unui munte sau când aerul rece în deplasare întâlneşte o masă de aer cald pe care îl sileşte să se ridice brusc).

9.1. Clasificarea norilor

a. *după componența particulelor* se clasifică în:
- nori de apă;
- nori de gheață (zăpadă);
- nori micşti.

b. *după geneză* se clasifică în:
- nori *stratificați* formați în condiții de atmosferă stabilă (cum sunt: Ci, Cs, As, Ns, St), în cazul frontului cald sau condiții anticiclonice;
- nori *ondulați* formați în condiții de turbulență pe o anumită grosime (redusă) a atmosferei : Ci, As, St;
- nori *convectivi* formați prin convecție termică sau dinamică (Cu, Cb).

c. *după înălțimea bazei* față de sol vom avea 3 etaje:
- *etajul inferior* cu baza între 0-2km: St, Ns, Sc, Cu, Cb. Norii Nimbostratus au baza în etajul inferior, iar masa predomină în etajul mijlociu. Norii Cumulus şi Cumulonimbus (Cu şi Cb) au baza la nivelul inferior, dar vârfurile pot atinge nivelul mijlociu sau chiar superior;
- *etajul mijlociu* cu baza norilor între 2-5 km (Ac, As, Ns);
- *etajul superior* cu baza între 5-13 km (Ci, Cs, Cc);

d. *după forma* pe care o pot avea se clasifică în:
- nori sub *formă de val-strat continuu şi uniform* mai mult sau mai puțin dens;
- nori *fragmentați î*n: lamele, filamente, lespezi, grămăjoare.

9.2. Descrierea genurilor de nori

A. Cirrus (Ci) sunt nori separați cu aspect de filamente sau fibre albe şi subțiri, bezi transparente şi sunt formați din cristale albe de gheață;

B. Cirrocumulus (Cc) sunt nori sub formă de pături sau bancuri subțiri, dând cerului un aspect vălurit (nori sub formă de valuri, asemănători unei plaje cu nisip). Ei apar şi dispar rapid. Sunt transparenți şi sunt formați din cristale fine de gheață.

C. Cirrostratus (Cs) au un aspect văluros, mult mai albicios şi pot ocupa parțial sau total bolta cerească, sunt constituiți din cristale fine de gheață. Uneori sunt atât de subțiri încât pe cer trec aproape neobservați, dând acestuia un aspect alb-laptos. Generează fenomenul de *hallo* (un cerc sau un semicerc colorat în violet slab spre exterior şi roşu spre interior).

D. Altocumulus (Ac) sunt grupări de nori albi sau cenuşii cu aspect vălurit sau sub formă de rulouri, şiruri sau benzi de culoare albă până la cenuşiu deschis. Sunt constituiți din picături de apă sau picături şi cristale fine de gheață. La răsăritul şi apusul soarelui se colorează în roşu aprins. Nu produc precipitații.

Fig. 9.20. Norii Cirrus

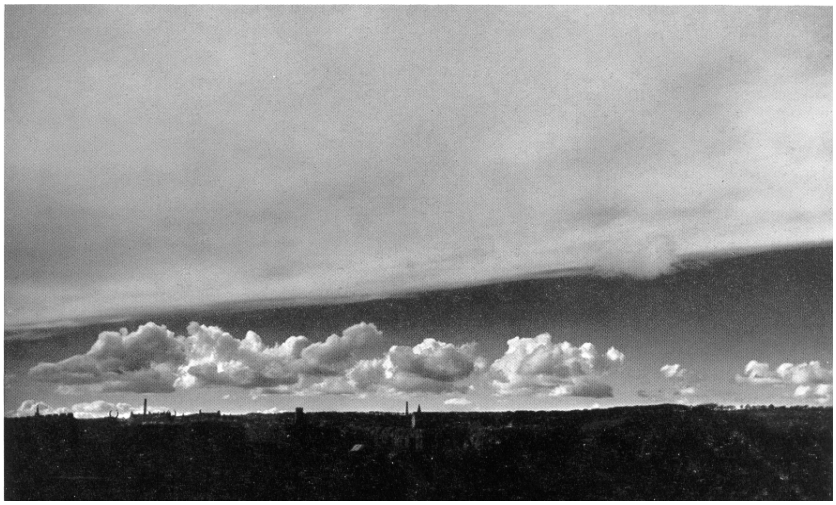


Fig. 9.21. Norii Cirrostratus

E. Altostratus (As) formează pânze albăstrii sau cenuşii cu aspect valurit, striat, fibros sau uniform, acoperind parțial sau total cerul. Sunt constituiți din picături sau picături şi cristale fine de gheață. Produc rar precipitații slabe, care iarna ajung la sol sub formă de fulguială slabă, iar vara acestea se evaporă în atmosferă.

Fig. 9.22. Norii Altocumulus

Fig. 9.23. Norii Cirrocumulus

F. Nimbostratus (Ns) *apar sub formă de pânze în strat gros de nori cenuşii, sumbri, cu aspect vaporos*. Aceşti nori produc precipitații continue sub formă de ploaie sau ninsoare. Au baza la nivelul inferior iar partea superioară la peste 5-7 km. Datorită acestei grosimi, apa se găseşte aici în toate stările ei. Vizibilitatea în norii Ns este scăzută datorită picăturilor mari şi dense.

G. Stratocumulus (Sc) su*nt nori sub formă de pături sau bancuri (benzi) cenuşii sau albicioase cu aspect ondulat*. Ei se formează dimineața şi seara. Ziua se resorb. Din aceşti nori pot să cadă precipitații slabe sub formă de ploaie sau ninsori cu fulgi mici şi rari.

H. Stratus (St) *nori sub formă de pânză continuă, pături destul de dense* cu o bază uniformă şi joasă uneori atingând solul. Sunt constituiți din picături fine de apă iar iarna pot fi formați din cristale fine de gheață. Dau precipitații sub formă de burniță (ace de gheață).

Fig. 9.24. Norii Nimbostratus

Fig. 9.25. Norii Stratocumulus

I. Cumulus (Cu) sunt *nori cu un contur bine determinat asemănători unor grămăjoare de vată*. Au culoarea albă, cu partea superioară strălucitoare, iar baza sumbră. Se dezvoltă pe verticală sub formă de *domuri şi turnuri*. Norii Cu se dezvoltă în cursul zilei sub acțiunea curenților termici convectivi. De aceea, *norii Cu au o variație diurnă, apar dimineața, se dezvoltă în cursul zilei şi se resorb seara*. În cazul unei atmosfere instabile norii Cu se dezvoltă în continuare sub următoarele forme:

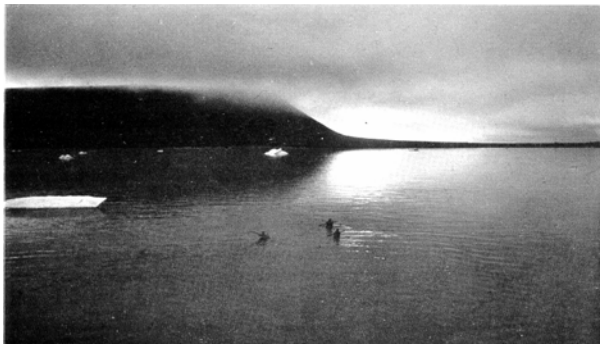


Fig. 9.26. Norii stratus

Fig. 9.27. Norii Cumulus congestus

- Cumulus *humulis* (Cu hum) sunt *nori de timp frumos, totdeauna albi şi subțiri, dispuşi în petece cu spații largi între ei*;
- Cumulus mediocris (Cu med) cu o dezvoltare mai mare pe verticală, albi strălucitori. Nu dau precipitații;
- Cumulus congestus (Cu con) cu o dezvoltare apreciabilă pe verticală, cu părți albe şi cenuşii. Dau precipitații sub formă de averse;

J. Cumulonimbus (Cb) sunt nori denşi şi dezvoltați cu extindere mare pe verticală, cu forme de munte sau turnuri enorme. Baza şi mijlocul norului sunt întunecoase şi sumbre, vârful vizibil, fibros, sub formă de creneluri, nicovală. La latitudini medii vârful poate depăşi nivelul tropopauzei (12-15 km). Norii Cb dau averse de ploaie, lapoviță, ninsoare sau grindină. În aceşti nori, apa se găseşte în cele trei stări de agregare: lichidă (picături de apă), vapori şi cristale de gheață. Aversele care cad din aceşti nori sunt însoțite de *fenomene orajoase* (descărcări electrice).

Norii Cb sunt foarte periculoşi zborului datorită tubulenței şi a curenților ascendenți-descendenți foarte puternici (15-35 m/s).

Fig. 9.28. Norii Cumulonimbus

Fig. 9.29. Norii Altostratus

9.3. Nebulozitatea şi plafonul

Fracțiunea de cer acoperit de nori sau cantitatea de nori vizibili de la sol constituie *nebulozitatea*, care se determină de observator. Nebulozitatea se măsoară în optimi din suprafața cerului (ex: cer acoperit complet 8/8, cer partial acoperit 3/8, etc.). Nebulozitatea totală reprezintă fracțiunea de cer ocupată de toți norii vizibili. Nebulozitatea parțială reprezintă fracțiunea ocupată de un gen de nori (ex: 3Ci, 2As, 7Cu, 8Cb, 8Ns).

Plafonul reprezintă înălțimea bazei norului la verticala locului. Se măsoară cu balonul, prin radiosonadaje, cu ceilometrul sau cu proiectorul de nori.

10. Precipitațiile atmosferice

Prin *precipitație* se înțelege apa care cade din nori, indiferent de formă (starea sub care se prezintă). Precipitațiile fac parte din hidrometeori.

Cauzele formării:

Vaporii de apă condensați sub formă de picături fine (având diametrul cuprins între 0,01 mm şi 0,05 mm) sau cristalele de gheață, de asemenea foarte fine, care intră în componența norilor, pentru a da naştere hidrometeorilor (mii de picături fine) se unesc şi, datorită greutății, cad pe pământ.

Ploaia este formată din picături de apă cu un diametru mai mare de 0,5 mm. Picăturile sunt dispersate şi au o viteză de cădere de 2-5 m/s. În mod obişnuit, ploaia cade din Nimbostratus, Stratus şi Stratocumulus.

Este periculoasă pentru aviație, întrucât micşorează vizibilitatea, înfundă conductele instrumentelor de bord, se depune pe aeronavă şi îngheață uneori.

Lapovița este o formă de precipitație formată dintr-un amestec de picături de ploaie şi fulgi de zapadă, care cade din norii Nimbostratus.

Zăpada (ninsoarea) este constituită din cristale ramificate, uneori sub formă de steluțe. Se produce din aceiaşi nori ca şi ploaia.

Burnița este o formă lichidă de precipitație (picături mici şi dese de apă cu diametrul sub 0,5 mm). Poate să cadă din norii Stratus, Nimbostratus şi uneori din norii Stratocumulus. **Aceasta este periculoasă când îngheață deoarece formează polei.**

Măzărichea este formată din grăunțe de gheață cu diametrul de aproximativ 0,2-0,5 mm.

Grindina este constituită din particule sau bucăți de gheață cu diametrul între 5-50 mm. Uneori poate fi sub formă de blocuri-plăci. Este produsă de norii Cumulonimbus (Cb). **Şi aceasta este foarte periculoasă pentru aviație.**

Aversa este o precipitație lichidă sau solidă (cade din Cb sau din Cu con) şi se caracterizează prin cantitatea mare de apă în timp mic.

Ca precipitații, se mai pot exemplifica: *pâcla, ceața, etc*.

11. Stările de echilibru ale atmosferei

Procesele fizice şi fenomenele meteo din atmosferă sunt în strânsă legătură cu stabilitatea atmosferei.

Atmosfera este *instabilă* atunci când mişcările verticale care se produc se propagă de la un nivel la altul (curenții ascendenți tind să-şi continue mişcarea impulsionați de o accelarație nouă).

Atmosfera este *stabilă* atunci când mişcările verticale produse la un moment dat, nu pot să se dezvolte şi deci încetează (curenții ascendenți formați în urma unui impuls oarecare se vor opri din mişcarea acensională).

Pentru a explica mai bine ce se întâmplă în cazul unei atmosfere stabile sau instabile, trebuie să arătăm că în cadrul radiosondajelor care se execută la anumite ore din zi se urmăreşte şi scăderea temperaturii cu înălțimea. Această scădere se trasează pe o diagramă aerologică. Totodată, trebuie specificat faptul că în interiorul unei mase de aer care urcă, scăderea de temperatură se realizează după gradientul adiabatic uscat (temperatura scade cu 1^oC/100 m), iar după condensare, scăderea se produce după gradientul adiabatic saturat (temperatura scade cu $0,5^oC$/100 m).

Considerând o particulă de aer la nivelul solului în echilibru prin ridicare ea va suferi unele schimbări (scade temperatura). În funcție de temperatura particulei şi a mediului vom întâlni următoarele situații:

- temperatura aerului înconjurător este mai mare decât temperatura particulei ridicate de la sol. În acest caz particula este antrenată într-o mişcare descendentă, revenind în poziția inițială. Este cazul *echilibrului stabil*;
- temperatura aerului înconjurător este mai mică decât temperatura particulei. În acest caz particula este antrenată într-o mişcare ascendnetă, tinzând să se depărteze de la poziția inițială de echilibru (nivelul solului). Este cazul *echilibrului instabil*;
- temperatura aerului înconjurător este egală cu temperatura particulei. În acest caz nefiind supusă unei forțe (diferența de presiune, respectiv temperatură), particula rămâne în echilibru la nivelul egalității temperaturii. Este cazul *echilibrului indiferent*.

În urma sondajului se determină gradientul termic vertical al mediului şi trasându-se pe o diagramă aerologică vom găsi următoarele situații:

- gradientul termic vertical real este mai mare decât gradientul adiabatic uscat (gradientul termic real se află la stânga adiabatei uscate); Este cazul *echilibrului instabil uscat*;
- gradientul termic vertical real este mai mic decât gradientul adiabatic saturat (gradientul termic real se află la dreapta adiabatei saturate); Este cazul *echilibrului stabil saturat*;

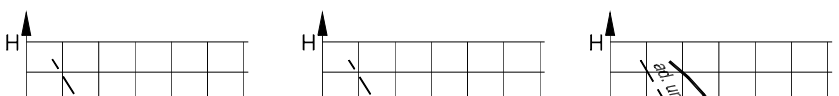


Fig. 11.30 Diagrame aerologice

- când gradientul termic vertical real este egal cu gradientul adiabatic uscat, echilibrul este *indiferent în aer uscat*.
- gradientul termic vertical real este mai mic decât gradientul adiabatic saturat (gradientul termic real se află la dreapta adiabatei saturate); Este cazul *echilibrului stabil saturat*;
- când gradientul termic vertical real este egal cu gradientul adiabatic uscat, echilibrul este *indiferent în aer uscat*.

12. Curenti verticali (ascendenți şi descendenți)

După cauzele care le determină se cunosc trei feluri de mişcări ascendente şi anume:

a. *Mişcări ascendente şi descendente convective*, datorate încălzirii neuniforme a pământului. În situația când insolația este puternică şi solul este omogen apar mişcări de convecție.

Aceste mişcări se caracterizează prin faptul că *au o zonă centrală ascendentă, o zonă descendentă la exteriorul curentului* şi o zonă convergentă la baza descendenței.

Curenții ascendenți se mai numesc şi *curenți termici*. Aceştia se mai caracterizează şi prin faptul că în zona divergentă de la vârful mişcării iau naştere norii Cu de apă, datorită răcirii adiabatice a masei de aer ascendentă.

b. *Mişcările ascendente produse prin alunecare* apar atunci când masa de aer în deplasare este obligată să urce panta unui deal sau munte.

Se întâlnesc următoarele situații:

- o masă de aer cald urcă peste o masă de aer rece (front cald);
- o masă de aer rece în mişcare dislocă o masă de aer cald pe care o obligă să urce (frontul rece);
- o masă de aer urcă pe o pantă orografică, curentul ascendent încetează odată cu atingerea vârfului pantei.

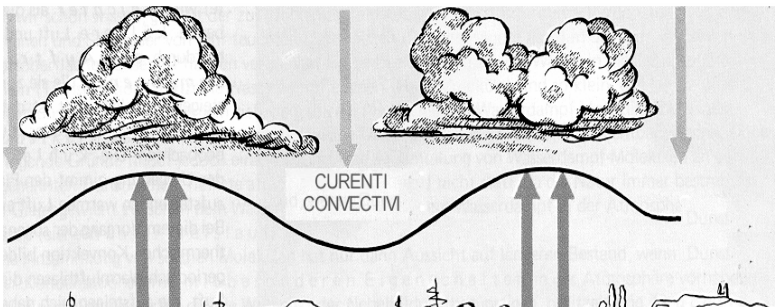


Fig. 12.31. Curenți convectivi

Fig. 12.32. Curent ascendent prin alunecare

c. *Mişcări ascendente produse de turbulența dinamică*;

O masă de aer în mişcare urcă panta unui obstacol ajungând astfel deasupra stratului stabil de la sol. Datorită impulsului de mişcare şi datorită faptului că stratificarea atmosferei spre vârful obstacolului este instabilă, masa de aer continuă să urce dând naştere unui *curent ascendent termic*.

Masele de aer fiind rău conducătoare de căldură, în urcare se vor destinde în mod adiabatic (fără schimb de căldură cu exteriorul) datorită scăderii presiunii atmosferice şi din această cauză se vor răci.

Scăderea temperaturii în interiorul masei ascendente se produce după gradientul termic uscat până la *nivelul de condensare* şi apoi scăderea temperaturii, în interiorul norului, se produce după gradientul umed.

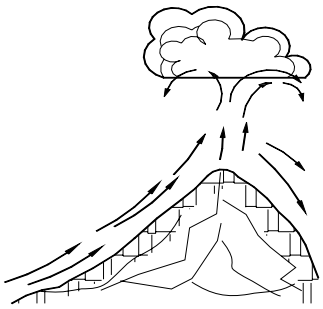


Fig. 12.33. Curentul ascendent termodinamic

12.1. Condițiile de formare a ascendențelor

Condițiile de formare a ascendențelor depind de starea de echilibru a atmoferei (vezi Fig. 12.34.)

După cum am văzut, *ascendențele se pot forma numai în situația unei atmosfere instabile*, când un rezervor de aer cald (cu o diferență de 2-3^{o}C față de mediul ambiant) primeşte un impuls şi începe să urce.

Scăderea temperaturii se produce urmărind adiabata uscată (iar după condensare, urmărind adiabata umedă) şi ascensiunea va continua până când particula de aer întâlneşte un strat stabil (inversiune sau izotermie). În acest moment, se spune că am atins *nivelul de echilibru*.

Dacă totuşi instabilitatea continuă şi în interiorul norului dezvoltarea acestuia se va face până la înălțimi mari.

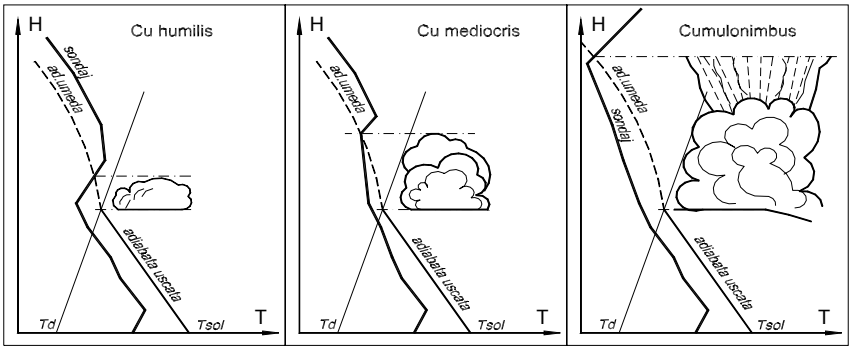


Fig. 12.34 Formarea curentului ascendent

12.2. Norii de formație verticală

Familia norilor de convecție (de formație verticală) au baza în etajul inferior şi o extensie verticală, variabilă în funcție de stratificarea atmosferei, care poate ajunge la limita inferioară a tropopauzei (nori cumulonimbus).

Norii de convecție au, de obicei, conturul pronunțat şi baza orizontală. Ei se formează cel mai frecvent în anotimpul cald.

Norii convectivi sunt nori din familia Cumulus (Cumulus humilis, Cumulus mediocris, Cumulus congestus) şi Cumulonimbus.

În interiorul norului Cb apar curenți ascendenți şi descendenți foarte puternici, care produc o *turbulență termică* (aceasta este maximă la o înălțime cuprinsă între 3-7 km), apa este în stare *suprarăcită* (atinge uneori -20 ^{o}C), dar se găsesc şi cristale de gheață.

Aceste picături de apă se unesc şi dau picăturile de ploaie, care pot atinge diametrul de 5 mm.

Datorită faptului că norul Cb conține picături de apă şi în acelaşi timp şi cristale de gheață, aici se vor găsi şi sarcini electrice, distribuite de regulă astfel:

- cele pozitive la înălțimi unde temperatura este sub punctul de îngheț;
- cele negative în centrul norului (în apropierea izotermei de 0^{o}C);
- la baza norului se vor găsi zone locale cu sarcini pozitive.

Diferența de potențial dintre aceste sarcini poate depăşi mii de volți. Din cauza acestor diferențe de potențial iau naştere descărcări electrice (*fulgere*) între 2 nori, în interiorul aceluiaşi nor, sau *trăsnete* – descărcări electrice între un nor şi sol.

Nivelul de condensare este înălțimea la care cantitatea de vapori de apă devine saturată pentru temperatura corespunzătoare înălțimii respective.

Temperatura la care apare condensarea se numeşte temperatura punctului de rouă.

Nivelul de convecție este înălțimea la care poate să ajungă un curent ascendent în urcare.

13. Fronturile atmosferice

Atmosfera, după câte s-a văzut, nu este omogenă fiind împărțită în mase de aer calde sau reci.

De la o masă de aer la alta se trece printr-o zonă de tranziție lentă şi continuă. Alteori, când aceste mase nu s-au amestecat în zona lor de contact, trecerea este bruscă. În acest caz, *regiunea care separă cele 2 mase de aer este subțire şi poate fi considerată ca o suprafață de contact numită şi suprafață frontală*.

Această suprafață frontală nu este verticală, ci prezintă o înclinare din cauza aerului mai cald care, fiind mai uşor, urcă peste aerul rece, mai greu. *Linia, sau banda de la sol aflată la intersecția suprafeței frontale cu suprafața solului se numeşte linia frontului*.

13.1. Frontul cald

Este frontul în lungul căruia aerul cald în deplasare înlocuieşte aerul rece.

Suprafața frontală dintre cele 2 mase de aer are o pantă de ordinul 1/200-1/1000.

Apropierea frontului cald este marcată în primul rând de apariția pe cer a sistemelor noroase care sunt dispuse în următoarea succesiune: Ci, Cs, As, Ns. Fronturile calde apar cu precădere în zonele depresionare.

Dacă *ciclonul* este în destrămare, atunci pe cer predomină nori Ac.

Din norii As, Ns, Ac, cad, de regulă, precipitații continue, banda acestora întinzându-se între 80-300 km.

Temperatura în urma frontului este cu cel putin 2°C mai ridicată decât în fața frontului.

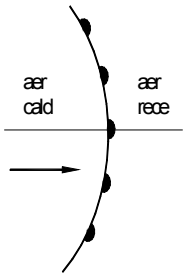


Fig. 13.35. Frontul cald

Presiunea suferă o scădere înaintea frontului şi o scădere uşoară sau staționară în urma frontului.

Vântul suflă în fața frontului din sectorul SSV, iar după trecerea frontului, suflă din W.

Fronturile calde sunt însemnate pe hărțile sinoptice cu culoare roşie sau cu linii negre cu semicercuri trasate pe partea de înaintare a frontului. În timpul iernii, în fața frontului cald, pe o lățime de 150-200 km, va apărea *ceața*.

13.2. Frontul rece

Este frontul în lungul căruia aerul rece în deplasare înlocuieşte aerul cald. Panta suprafeței frontale dintre cele 2 mase de aer este de ordinul 1/10-1/200.

Pe hărțile sinoptice, fronturile reci sunt trasate cu culoarea albastră sau cu linii negre având triunghiuri pe partea înspre care se deplasează linia frontului.

Frontul este însoțit uneori de sisteme noroase stabile, dar cel mai frecvent de sisteme noroase instabile cum ar fi : Cc, Ac, Cu, Cu con, Cb.

După tipul sistemului noros precipitațiile pot fi continue când aerul din față este stabil şi cel mai frecvent sub formă de averse când aerul este instabil.

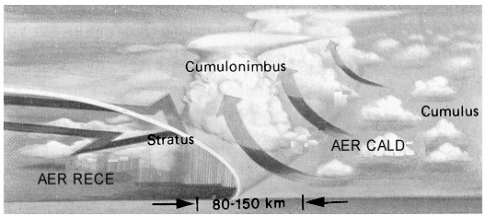
Banda de precipitații este de cca. 70 km.

Temperaturile sunt ridicate în fața frontului şi mai scăzute în spatele frontului cu cel putin 4-5°C.

Presiunea înaintea frontului pezintă o scădere (sau cel mult staționează), iar după trecerea frontului creşte mult.

Vântul: înaintea frontului suflă din W, iar după trecerea lui suflă din NW, intensificându-se. Când frontul este însoțit de nori Cb, se înregistrează vânt în rafale.

Umezeala relativă creşte la maximum în momentul trecerii frontului şi scade în spatele lui.



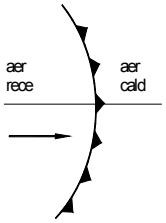


Fig. 13.36. Frontul rece

13.3. Frontul oclus

Datorită *vitezei de deplasare diferită a fronturilor* amintite mai sus (frontul rece se deplasează cu viteză mult mai mare față de frontul cald), în partea centrală sau mai des î*n sectorul posterior depresiunii, frontul rece se va uni cu cel cald*.

Din această joncțiune va lua naştere frontul oclus în care aerul cald existent între cele două fronturi principale va fi aruncat în altitudine, iar la sol se va produce contopirea celor două mase de aer rece (din fața frontului cald şi din spatele frontului rece).

Dacă aerul din fața frontului cald este mai rece decât cel din spatele frontului va lua naştere *frontul oclus cu caracter de front cald* (vezi Fig. 13.37.), caracterizat prin prezența norilor stratiformi şi cumuliformi care acoperă cerul pe vaste întinderi şi dau precipitații de lungă durată care au şi caracter de ploi torențiale.

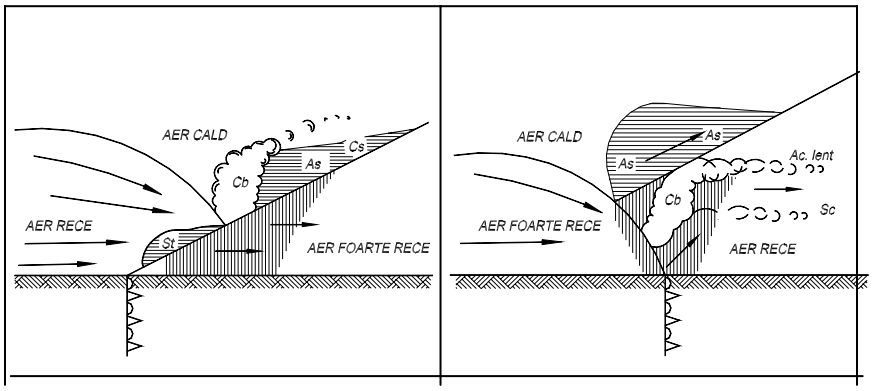


Fig. 13.37 Frontul oclus cald

Fig. 13.38. Frontul oclus rece

După trecerea acestui front cerul rămâne noros cu nori stratocumulus, iar temperatura staționară.

Dacă aerul din fața frontului cald este mai cald decât aerul din spatele frontului rece va lua naştere *frontul oclus cu caracter de front rece* (vezi Fig. 13.38.). Şi în acest caz nebulozitatea este mare, dar pe lângă norii stratiformi apar norii Cb care urcă până la 5000-6000m, determinând precipitații abundente deseori cu caracter de averse.

După trecerea frontului cerul devine variabil, cu înseninări accentuate, iar temperatura scade.

Frontul oclus cu caracter neutru este frontul care se produce mai rar şi numai în cazul când aerul rece anterior şi cel posterior au aceeaşi temperatură.

Aceste fronturi au o durată mult mai mică.

Fronturile ocluse apar pe harta sinoptică colorate în violet sau prin linii negre cu semicercuri şi triunghiuri spre partea în care se deplasează.

14. Informarea meteorologică

Planoriştii sunt foarte interesaţi să ştie ce condiţii meteo vor avea în ziua respectivă încă de dimineaţă. Acest lucru îl vor afla atât din observaţiile directe cât şi din buletinele meteo pe care le vor obţine de la televiziune, radio sau de la staţiile meteo din reţeaua meteorologică naţională.

Schimbările de timp le vom observa în mod direct după aspectul cerului, tipul de nori prezenţi, direcţia şi intensitatea vântului, modificările de temperatură, presiune şi umezeală. Totodată toate fiinţele ne vor furniza informaţii privind schimbările de timp, ştiind că acestea sunt sensibile la aceste modificări.

Astfel:

- oamenii bolnavi de reumatism vor avea de suportat dureri la încheieturi când se apropie ploaia (scade presiunea şi creşte umezeala);
- musculiţele şi ţânţarii vor căuta să intre în casă când se apropie ploaia;
- albinele când simt apropierea ploii se vor agita în jurul orificiilor de intrare în stup;
- furnicile se întorc grăbite la furnicar, intră înăuntru şi blochează intrarea;
- când rândunelele zboară aprope de pământ înseamnă că ploaia va veni în curând (acest lucru se întâmplă datorită faptului că atunci când creşte umezeala, aripile musculiţelor cu care se hrănesc se umezesc, zborul lor devine greoi şi rândunelele le vor vâna în apropierea solului);
- vara, când observăm că vrăbiile sau turturlele se scaldă în praf ştim că se apropie ploaia (umezeala pătrunde între pene şi le îngreunează zborul, fapt care le determină să se arunce în praf pentru a-şi usca penele);
- la sate animalele se întorc singure de la păşunat pentru a se adăposti când se strică timpul.

Întrucât planoriştii depind zilnic de această condiţie meteorologică este necesar să ştie cum să interpreteze un buletin meteo sau alte informaţii de specialitate.

Totuşi înainte de a prezenta cele mai cunoscute buletine meteo utlizate în aviaţie vom prezenta câteva fenomene care ne anunţă cum va fi vremea în intervalul de timp ce urmează:

- norii Cirrus (Ci) când apar ne arată că timpul se va înrăutăţi şi funcţie de viteza cu care acoperă cerul, ploaia sau ninsoarea se va instala după 1-3 zile;
- când se înseninează seara după o zi în care cerul a fost acoperit, a doua zi va ploua mai mult ca sigur;
- când vântul suflă relativ liniştit, iar deodată îşi sporeşte puterea şi îşi schimbă direcţia este semn de apropiere a unei depresiuni, deci ploaia va veni în curând;
- după o perioadă mai lungă sau mai scurtă de secetă, dacă dimineaţa şi seara se asează roua, atunci va ploua (a crescut umezeala aerului);
- dacă observăm umezirea sării din solniţă sau ascultând emisiunile radiofonice suntem deranjaţi de radioparaziţii produşi prin descărcările electrice din atmosferă, nu suntem departe de o ploaie violentă de multe ori cu caracter de aversă;

- când observăm ziua în jurul soarelui sau seara în jurul lunii fenomenele de *coroană* sau *hallo* sub forma unor cercuri, în cel mult 2 zile va ploua sau va ninge.

Ameliorarea vremii o vom observa după următoarele semne:
- dacă răsăritul soarelui se produce pe un cer portocaliu, ziua va fi frumos;
- când vântul împrăştie norii care au produs o ploaie puternică vor urma zile senine şi frumoase;
- apariția curcubeului după ploaie reprezintă un semn de îndreptare a vremii.

Pentru informarea meteorologică în aviație se folosesc următorele mesaje:
a. METAR;
b. SPECI;
c. meteoare sinoptice;
d. prevederi de zonă;
e. emisiunea VOLMET;
f. buletinul meteo de zbor;
g. mesajul TAF;

a. **METAR**-ul reprezintă mesaj de observație meteorologică regulată pentru aviație (cu sau fără prognoză de tendință) în limbaj clar abreviat. El se emite oral de către stațiile meteo aflate pe aerodromuri şi cuprinde date reale privind situația meteo observată în zona de aerodrom. Decodificarea acestui mesaj va fi prezentată în încheierea capitolului.

b. **SPECI** este mesaj selecționat de observație meteorologică specială pentru aviație (cu sau fară prognoză de tendință), în limbaj clar abreviat, care se emite ori de câte ori se constată producerea, apariția sau ameliorarea unor fenomene periculoase zborului.

c. **Meteoarele sinoptice** (vizuale) se emit la intervale de 3 ore de către stațiile sinoptice teritoriale şi cuprind date reale privind situația meteo observată în jurul stației.

d. **Prevederile** de zonă se emit în clar de către centrele meteo aeronautice, la intervale de 3 ore şi conțin informații cu privire la situația meteo în zonă, precum şi informații cu privire la modificările de timp ce pot surveni în cele 3 ore.

e. **Emisiunea Volmet** poate fi recepționată pe frecvența de 126,8 MHz fiind transmisă în clar de către centrul meteo Otopeni.

f. **Buletinul de zbor** se întocmeşte la cererea pilotului înainte de plecarea în zbor pe ruta care o doreşte. Acest buletin face parte din documentele obligatorii la bordul aeronavei şi cuprinde atât date reale privind situația meteo pe ruta de deplasare, cât şi date privind evoluția vremii pe rută.

g. **Mesajul TAF**, asemănător cu mesajul METAR, este emis de stațiile meteo de aeroport şi cuprinde informații privind evoluția condiției meteo pe un interval de timp de 9 ore. Mesajul TAF se transmite ca şi mesajul METAR în limbaj clar abreviat, folosind acelaşi cod, cu diferența că la mesajul TAF se specifică între ce ore este valabil, în timp ce pentru mesajul METAR se specifică ora la care s-a efectuat observația meteo (citirea datelor).

14.1. Mesajul METAR (**Meteorologică** l **A**erodrome **R**eport)

lrop 181015 24003MPS 9999 BKN030 27/22 Q1017 NOSIG

În continuare prezentăm descifrarea mesajului METAR prezentat mai sus:

Prima grupă (lrop) reprezintă codul stației de aerodrom (aeroport) care l-a emis (lrop: l reprezintă Europa; r reprezintă România şi op este aeroportul Otopeni).

Grupa a doua indică ziua, ora şi minutul când a fost efectuată observația meteorologică.

În exemplul prezentat, ziua este 18, ora este 10 şi minutul este 15.

Grupa a treia (24003) reprezintă codificarea direcției şi intensității vântului. Primele trei cifre indică direcția magnetică a vântului (din 10^0 în 10^0), iar ultimele două intensitatea vântului în m/s.

În exemplul prezentat vântul suflă din 240^0 cu 3m/s.

Grupa a patra se referă la vizibilitatea orizontală pe aerodrom. Este codificată cu 4 cifre şi ne dă direct valoarea vizibilității în metri. (Exemplu: 7500 reprezintă o vizibilitate de 7500 de metri).

În exempul prezentat grupa 9999 este codificarea vizibilităților mai mari de 10 km.

Grupa a cincea codifică *nebulozitatea (gradul de acoperire cu nori),* tipul norilor şi plafonul (baza) acestora. Nebulozitatea poate avea următoarele coduri:

FEW	1-2/8
SCT	3-4/8
BKN	5-7/8
OVC	8/8

În exempul nostru avem o acoperire de 5/8 cu nori alții decât CB sau Cu congestus (TCU).

Ultimile trei cifre ale grupei indică înălțimea bazei în *picioare* (feet).

În situația prezentată, norii se află la o înălțime de 900m.

În grupa a şasea ni se dau indicații privind temperatura aerului la pragul pistei şi temperatura punctului de rouă.

În exemplul prezentat, temperatura aerului este de 27^oC, iar cea a punctului de rouă, de 22^0C.

Grupa a şaptea ne dă presiunea QNH (vezi Cap.Navigație) în hPa.

Ultima grupă ne avertizează despre evoluția situației meteo la aerodrom.

În exemplul nostru, *NOSIG* înseamnă că nu se prevăd modificări ale situației meteo pentru următorul interval (NO SIGnificant).

Deoarece o decodificare completă (pentru toate variantele posibile) a unui mesaj METAR necesită cunoştințe care depăşesc nivelul de pregătire urmărit în această lucrare, considerăm suficiente informațiile prezentate.

Pentru mai multe informații vă rugăm să vă adresați serviciilor meteo şi/sau trafic aerian, ***obligația acestor servicii fiind de a decodifica şi transmite acest mesaj în clar piloților.***

CAPITOLUL III
NAVIGAȚIE AERIANĂ

1. Generalități

Navigația aeriană este ştiința care se ocupă cu metodele şi practicile cele mai eficiente pentru asigurarea deplasării aeronavelor în spațiul aerian în deplină siguranță a zborului.

Pentru a se realiza deplasarea este necesară menținerea aeronavei pe traiectul obligat şi cunoaşterea permanentă a poziției acesteia în spațiu, coordonate, direcție de zbor, viteză, înălțime şi timp calculat între repere obligate.

În funcție de felul zborului, a distanței, vitezei, înălțimii, a condițiilor meteo se foloseşte una (sau mai multe) din metodele:

- metoda *navigației observate* constă în determinarea poziției aeronavei comparând reperele de pe sol cu semnele convenționale de pe hartă;
- metoda *navigației estimate* constă în determinarea poziției aeronavei după diferite instrumente de la bord, efectuând unele calcule;
- metoda *navigației radioelectrice* constă în determinarea poziției aeronavei folosind mijloacele electronice ale aeronavei şi/sau mijloace externe acesteia (amplasate pe sol sau sateliți);
- metoda *navigației astronomice* constă în determinarea poziției aeronavei după aştrii de pe bolta cerească cu ajutorul unor instrumente optice (de la bordul aeronavei);
- metoda *navigației inerțiale* constă în determinarea poziției aeronavei (şi a tuturor celorlalte elemente de zbor) plecând de la principiul determinării accelerației ce ia naştere pe cele 3 axe ale aeronavei;
- metoda *navigației izobarice* constă în determinarea poziției aeronavei plecând de la diferența indicațiilor de înălțime citite la altimetrul barometric şi radioelectric.

Aviația sportivă foloseste o metodă combinată şi anume metoda observată împreună cu cea estimată.

1.1. Globul pamântesc

Globul pământesc are o formă complexă determinată de existența munților şi văilor. Această formă se numeşte *geoid şi* se apropie de aceea a unui elipsoid obținut prin rotirea unei elipse în jurul axei mici.

Dimensiunile pământului sunt următoarele:

- semiaxa mare = 6378,245 km
- semiaxa mică = 6356,86 km
- turtirea = (a-b)/b = 1/299
- volumul = 1082841315400 km^3
- suprafața = 510100800 Km^2 din care 29,4 % il reprezintă uscatul.

2. Noțiuni geografice

Punctele şi liniile de pe suprafața pământului reprezintă elemente de referință necesare efectuării calculelor de navigație.

Acestea se clasifică din două puncte de vedere :

- din punct de vedere geografic;
- din punct de vedere al navigației aeriene.

Din punct de vedere geografic:

- *axa terestră*; este axa imaginară în jurul căreia se învârteşte pământul;
- *polii tereştrii (geografici)* sunt determinați de intersecția axei terestre cu suprafața pământului.

Locul din care mişcarea pământului apare inversă acelor de ceasornic se numeşte *Polul nord.* Opus lui *este Polul sud.*

- intersecția suprafeței pământului cu un plan perpendicular pe axa terestră şi care trece prin centrul pământului este un *cerc mare*. Circumferința acestui cerc mare se numeşte *ecuator*.

Ecuatorul împarte pământul în 2 *emisfere:* una nordică numită şi boreală şi o alta sudică numită australă.

- orice fel de cerc obținut prin intersecția pământului cu un plan ce nu trece prin centrul acestuia se numeşte *Cerc mic.*
- *Cercul mare* care se obține prin intersecția unui plan care conține şi axa terestră se numeşte *Cerc meridian*. Semicercul mare ce trece prin punctul sau localitatea intersectată se numeşte *meridian geografic* iar semicercul mare opus acestuia se numeşte *antimeridian*.

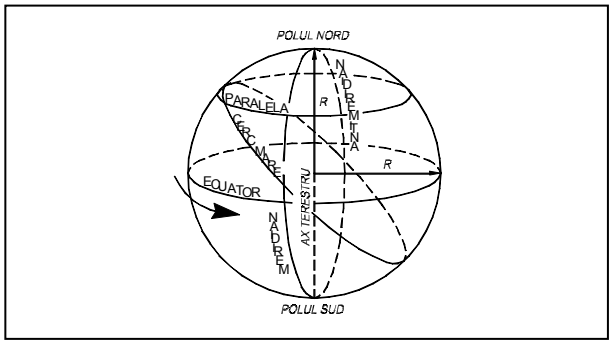


Fig. 2.1. Puncte şi linii pe glob

- ca origine a unor masurători în navigația aeriană se foloseşte *Meridianul "0" (Meridianul Greenwich).*
- cercurile mici de pe suprafața terestră paralele cu ecuatorul poartă denumirea de *cercuri paralele* sau *Paralele.*
- meridianele sunt numerotate începând de la primul (Greenwich) spre est de la 0^o la 180^o şi spre vest de la 0^o la -180^o.
- paralelele sunt notate în raport cu ecuatorul de la 0^o la 90^o N şi de la 0^o la 90^o S.

În felul acesta orice punct de pe suprafața pământului poate fi determinat ca fiind intersecția unei paralele cu un meridian.

Din punct de vedere al navigației aeriene:
- de la aerodromul de plecare şi până la cel de destinație o aeronavă se deplasează de-a lungul unui *itinerar, traiect sau rută.*
- punctul de la aerodromul de plecare sau de lângă acesta (origine a măsurătorilor şi calculelor) se numeşte *Punct Inițial al Traiectului (P.I.T.)*
- punctul de la aerodromul de destinație sau lângă acesta (punctul final al măsurătorilor) se numeşte *Punct Final al Traiectului (P.F.T.).*
- linia ce marchează traiectul între P.I.T. şi P.F.T. şi de-a lungul căreia trebuie să se deplaseze aeronava se numeşte *Linia Drumului Obligat (L.D.O.).*
- linia care marchează traiectul de-a lungul căruia se deplasează în mod real o aeronavă se numeşte *Linia Drumului Real (L.D.R.).*
- unghiul format între aceste 2 linii se numeşte *Abatere Laterală Unghiulară (A.L.U.).*
- lungimea perpendicularei la LDO dusă de la o aeronavă ce se află pe LDR se numeşte *Abatere Laterală Liniară (A.L.L.).*
- punctul în care traiectul îşi schimbă direcția poartă denumirea de *Punct de Schimbare de Traiect (P.S.T.)*, iar segmentele traiectului se numesc *Tronsoane.*

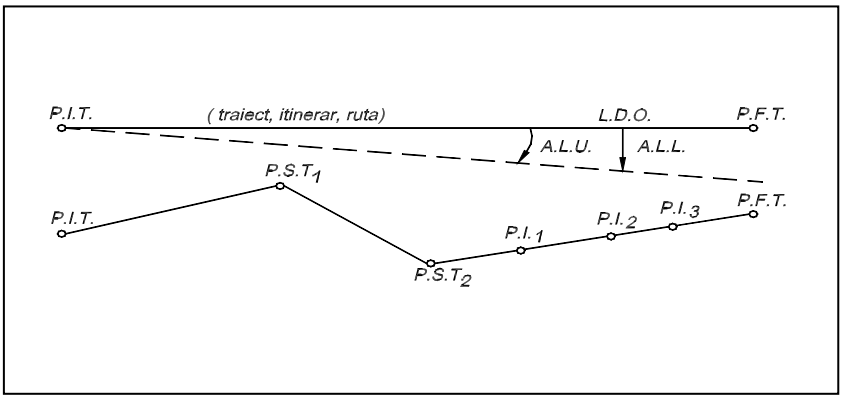


Fig. 2.2. Puncte şi linii de navigație

2.1. Coordonate geografice şi coordonate aeriene

Coordonatele geografice reprezintă o metodă de determinare a poziției aeronavei față de suprafața terestră sau a unui reper de pe sol, necesar navigației aeriene.

Originea masurătorilor este planul meridianului Greenwich şi planul ecuatorului.

Coordonatele geografice se exprimă în *grade, minute şi secunde sexagesimale de Latitudine şi Longitudine.*

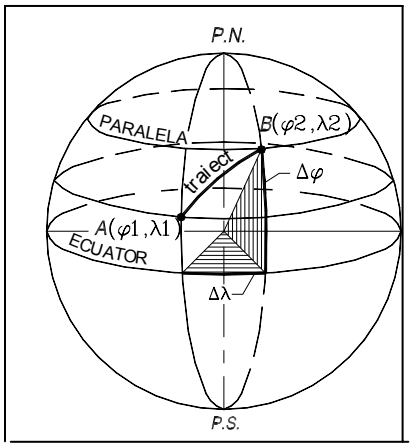
Longitudinea unui punct oarecare pe suprafața terestră este unghiul format între planul meridianului prim (Greenwich) şi planul meridianului ce trece prin punctul considerat, numit şi meridianul locului.

Latitudinea unui punct oarecare pe suprafața terestră este unghiul format între planul ecuatorului şi verticala punctului considerat, adică direcția acestuia spre centrul pământului.

Coordonatele geografice ale unui punct oarecare sunt:

47°20'00" N

27°37'00" E



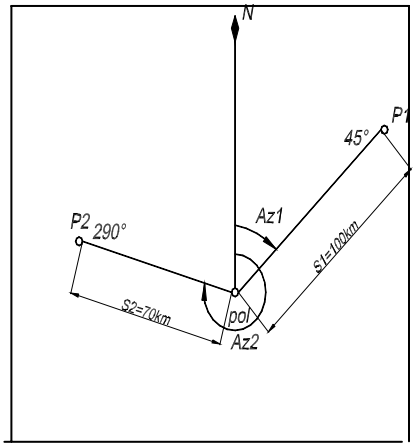


Fig. 2.3. Coordonate geografice Fig. 2.4. Coordonate polare

Coordonate aeriene sunt*:*

- coordonate polare ;
- coordonate rectangulare;

a. *Coordonatele polare* determină poziția aeronavei sau a unui reper pe suprafața terestră prin *azimut şi* distanța față de un punct de referință numit arbitrar *pol*. (vezi fig. 2.4.)

Prin *azimut* (Az) se înțelege unghiul dintre direcția nord şi direcția către un punct considerat. Coordonatele polare se utilizează în tehnica operațională radar şi în sistemele de navigație: VOR/DMR, VOR/TAC şi TACAN. Azimutul, care în navigația aeriană poate fi un *relevment,* se exprimă în grade sexagesimale, iar distanța de la punctul de referința la pol, în *km* sau *mile marine*. Relevmentul se defineşte ca fiind unghiul (măsurat în sens orar şi în grade sexagesimale) format între direcția Nord magnetic şi direcția ortodromică aeronavă/stație sau stație/aeronavă.

b. *Coordonatele rectangulare* determină poziția unei aeronave pe suprafața terestră exprimată în distanțe liniare, (măsurate în km sau mile marine), pe 2 axe de coordonate perpendiculare între ele, X şi Y. Punctul de intersecție al celor două axe reprezintă *originea măsuratorilor* şi de regulă se amplasează în punctul inițial al traiectului. Calculatorul de navigație al avioanelor IL-62 şi TU-154 foloseşte sistemul de coordonate rectangulare (vezi fig. 2.5.).

2.2. Baza măsurării timpului

La baza măsurării timpului stau cele două mişcări ale pământului (rotație şi revoluție).

Rotirea pământului în jurul soarelui se efectuează în 365,242 zile cu o viteză de aproximativ 30 km/sec. şi se numeşte *mişcare de revoluție anuală*.

Axa pământului este înclinată față de planul *elipticei* cu un unghi de 66°33', iar mişcarea pământului în jurul axei sale se realizează în 23 ore 56 min. 04 sec.,şi se efectuează de la V la E cu o viteză de 1669 km/oră la ecuator şi se numeşte *mişcare de rotație*.

Unitatea de timp ce corespunde unei rotații de 360^o in jurul axei terestre se numeşte zi. În navigație se foloseşte *ziua solară medie* care are o durată de 24 ore 04 sec. Începutul zilei solare medii are loc la 12 noaptea (ora 00.00). Timpul se notează de obicei cu **T**.

Ora calculată pentru primul meridian poartă denumirea de ora Greenwich, ora internațională sau timp universal (GMT sau UT).

Datorită faptului că razele soarelui sunt paralele cu planul elipticei, suprafața pământului luminată de soare este înclinată în raport cu axa polilor cu 23^{o}30'. Din această cauză localitățile amplasate în lungul aceluiaşi meridian nu sunt luminate deodată la aceeaşi oră (vezi Fig. 2.6).

În emisfera de nord, în timpul verii, localitățile situate pe acelaşi meridian la latitudini mai mari vor beneficia de lumina soarelui mai mult timp decât cele situate la latitudini mai mici (vezi fig. 2.6.).

Ora răsăritului pentru localitățile de pe un meridian situate la latitudini mai la nord va fi mai devreme față de localitățile situate mai la sud. La fel şi ora apusului soarelui pentru localitățile situate mai la nord va fi mai târzie față de localitățile situate mai la sud, pe acelaşi meridian.

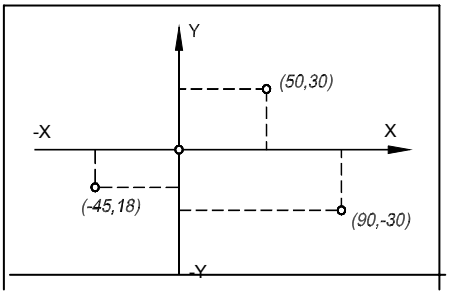


Fig. 2.5. Coordonate rectangulare

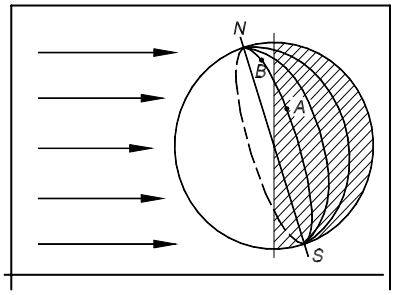


Fig. 2.6. Răsăritul soarelui

2.3. Exprimarea longitudinii în unitați de timp

La o rotire de 24 ore corespund 360^o longitudine.

La o rotire de o oră corespund 15^o longitudine (360^o:24 ore)

Un minut de timp va avea 15" longitudine (15x60)/60.

Deci: 1 oră = 15^o longitudine .

1 min.= 15'longitudine.

1 sec.= 15"longitudine.

În mod similar vom obține:

1^{o}longitudine = (1 ora x 60)/ 15 = 4 min de timp

1'longitudine = (4 min x 60)/ 60 = 4 sec de timp

1"longitudine = 4 sec / 60 = 1 / 15 sec de timp

2.4. Fusele orare

Fusele orare reprezintă o împărțire a pământului în fişii (în număr de 24 corespondente celor 24 ore ale zilei).

Fusele orare sunt numerotate de la 0 la 12, iar "Fusul 0" se întinde de la 7^{o}30'E la 7^{o}30'W.

Fiecare fus orar se întinde pe un arc de 15^o longitudine. (1^o long. măsurat pe ecuator = 1 NM = 1852 m.)

3. Liniile de poziție ale aeronavei

Determinarea poziției aeronavei în raport cu suprafața pământului se realizează cu ajutorul unui sistem de coordonate geografice, polare sau rectangulare. În practica navigației aeriene este necesar să se determine elementele deplasării aeronavei pe baza succesiunii coordonatelor aeronavei. În mod obişnuit aceasta se realizează prin determinarea a 2 linii (puncte de poziție succesive).

Linia de poziție este locul geometric al tuturor punctelor care pot reprezenta poziția aeronavei pe suprafața pământului.

3.1. Loxodroma este linia de poziție care intersectează meridianele sub acelaşi unghi (vezi Fig. 3.7.).

Loxodroma este linia care trece prin punctul de plecare PIT şi punctul de sosire PFT al drumului aerian şi taie toate meridianele sub un unghi constant.

Din punct de vedere geometric, loxodroma, prelungită dincolo de capetele drumului apare ca o spirală care se apropie tot mai mult de poli dar fără să-i atingă. De la această regulă fac excepție paralelele, meridianele şi ecuatorul.

Navigația aeriană care foloseşte compasul de la bord se efectuează pe loxodromă. Navigația este uşoară şi convenabilă pe distanțe scurte (sub 1000 Km), deoarece până la această distanță erorile în lungime sunt mici.

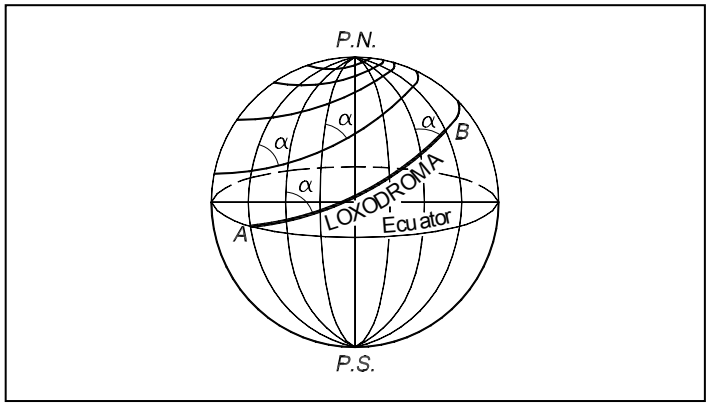


Fig. 3.7. Loxodroma

3.2. Ortodroma este arcul mic din cercul mare care trece prin punctul de plecare PIT şi cel de sosire PFT al unui traiect de pe suprafața pământului (vezi Fig. 3.8.).

Ortodroma reprezintă cel mai scurt drum aerian în spațiu între 2 puncte. Ortodroma se foloseşte de obicei la zboruri pe distanțe mari (peste 1000 km), în cadrul navigației radioelectrice (unde pe sol sunt amplasate mijloace radioelectrice dispuse pe ortodromă). Astfel în cadrul unui zbor între Roma şi New York, dacă se merge pe loxodromă, vom trece prin: Ankara, Krasnovodsk, Pekin şi măsoară peste 12.300 km, în timp ce zburând pe ortodromă vom trece prin: Leipzig, Leningrad, Long Eniseisk, Blagowescensk şi măsoară aproximativ 10.500 km.

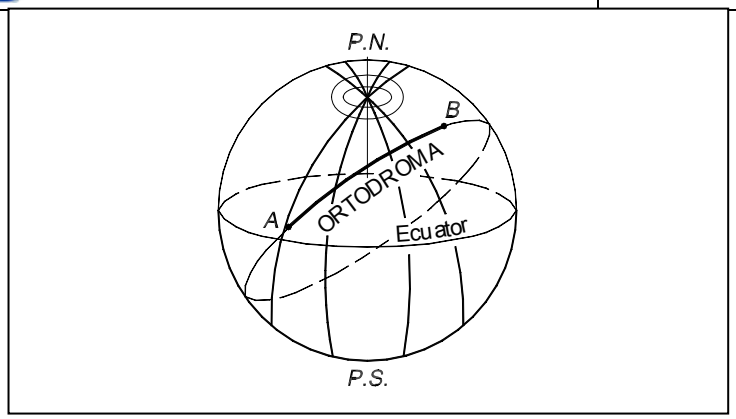


Fig. 3.8. Ortodroma

4. Proiecții cartografice

Proiecțiile cartografice reprezintă nişte procedee matematice de transpunere a suprafeței terestre, fie pe o suprafață plană, fie pe o suprafață desfăşurabilă (care poate fi suprafața unui cilindru sau a unui con), în vederea obținerii hărților.

Caracteristicile unei proiecții cartografice sunt:
- să indice corect unghiurile (să fie *conforme*);
- să păstreze proporționalitatea distanțelor (să fie *echidistante*);
- să prezinte forma adevarată a terenului (să fie *echivalente*).
- ortodroma şi loxodroma, principalele linii de poziție să apară ca linii drepte.
- meridianele şi paralelele să fie linii drepte.

Deoarece nici o proiecție cartografică nu poate îndeplini aceste condiții simultan, se caută să se respecte *condiția principală pentru navigația aeriană şi anume să se respecte unghiurile*.

4.1. Elementele unei proiecții

Elementele unei proiecții sunt:
- *centrul de vedere*, adică punctul din care se execută proiecția;
- *razele de proiecție*, adică razele imaginare care pleacă din centrul de vedere, străbat suprafața de proiectat (a pământului) şi se proiectează pe suprafața de proiecție;
- *suprafața de proiecție*, adică planul pe care razele de proiecție proiectează (dau imaginea) suprafața pământului.

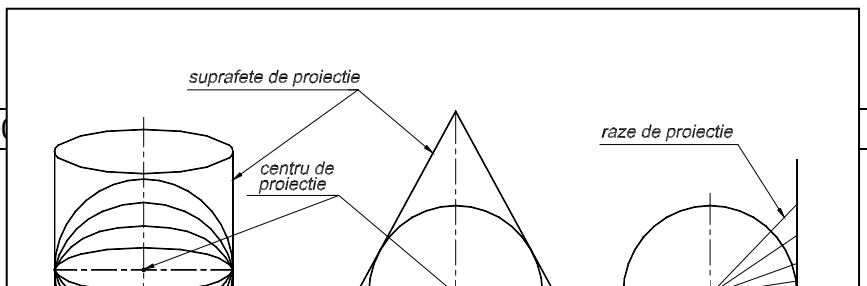


Fig. 4.9. Elementele proiecțiilor cartografice

4.2. Clasificarea proiecțiilor cartografice

Proiecțiile cartografice se clasifică după 3 criterii :

a. după felul deformărilor;

b. după suprafața de proiecție;

c. după poziția punctului de vedere;

a. după felul deformărilor:

- *proiecții conforme*, care păstrează egalitatea unghiurilor de pe suprafața pământului;
- *proiecții echidistante*, care păstrează o corectă proporționalitate a distanțelor;
- *proiecții echivalente*, care păstrează proporționalitatea şi forma suprafețelor.

b. după suprafața de proiecție:

- după forma suprafeței:
  cilindrică;
  conică şi policonică;
  azimutală.
- după dispunerea față de suprafața pământului:
  tangente;
  secante.
- după poziție:
  normale (în prelungirea axei pământului);
  transversale (perpendiculare pe axa pământului);
  oblice (în altă poziție față de pământ). (Vezi Fig. 4.9.).

c. după amplasarea punctului de vedere:

- *centrale*, când punctul de vedere este amplasat în centrul pământului;
- *stereografice*, când punctul de vedere este amplasat undeva în spațiu;
- *ortografice*, când punctul de vedere este amplasat la infinit.

4.3 Proiecția conică normală

Proiecția conică normală se obține prin proiectarea elipsoidului terestru pe un con tangent având înălțimea în prelungirea axei terestre.

Față de proiecția tangentă, proiecția conică secantă (*proiecția conică conformă Lambert*), are o zonă mai mare în care deformările sunt mici. *Această proiecție este larg utilizată la întocmirea hărților de navigație* (ex: harta de navigație a lumii).

Aceste hărți păstrează o singură scară când paralele standard (paralelele secante) sunt distanțate până la 10^o -15^o latitudine.

Proiecția conică conformă Lambert are următoarele caracteristici:

- este conformă;
- este echidistantă;
- este echivalentă;
- meridianele apar ca linii drepte convergente, iar paralelele, arcuri de cerc concentrice;
- ortodroma şi loxodroma nu sunt linii drepte.

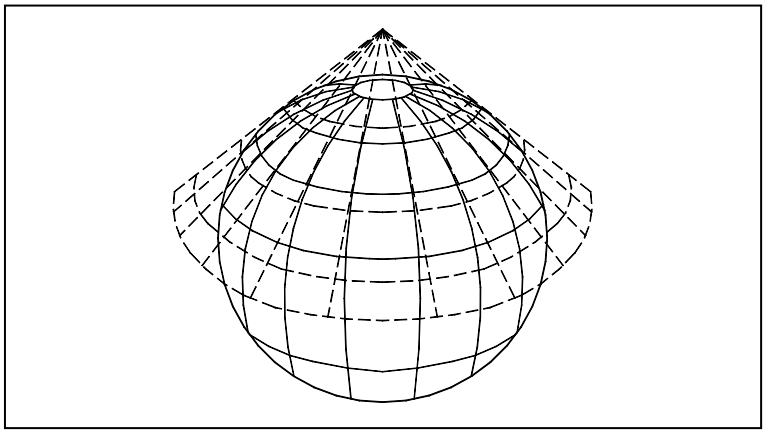


Fig. 4.10. Proiecția conică normală

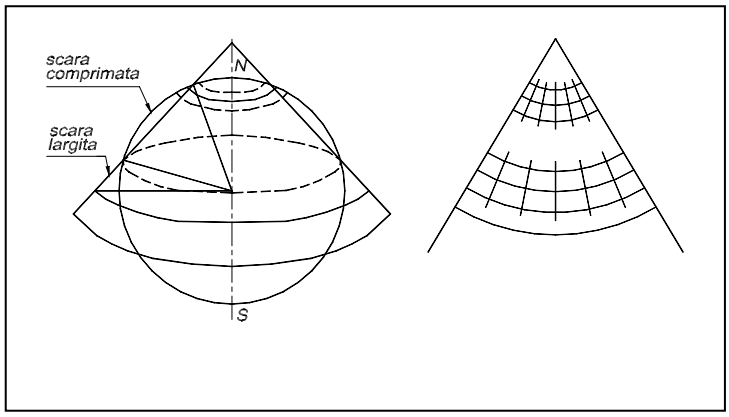


Fig. 4.11. Proiecția conică conformă Lambert

4.4. Proiecția cilindrică centrală normală

Este o proiecție centrală având ca suprafață de proiecție un cilindru circumscris de-a lungul ecuatorului. Prin desfăşurarea cilindrului se obține proiecția cilindrică centrală normală.

Proiecția are următoarele caracteristici:
- meridianele sunt linii drepte paralele şi echidistante;
- paralelele sunt de asemenea linii paralele însă distanța dintre ele creşte cu cât ne apropiem de poli;
- peste 72^o latitudine, proiecția nu se mai poate utiliza.

4.5. Proiecția Mercator

Este o proiecție cilindrică normală centrală, modificată în sensul că deformarea distanțelor de-a lungul meridianelor să fie făcută în aceeaşi măsură în care acestea sunt deformate de-a lungul paralelelor. În felul acesta scara creşte în lungul meridianelor de la ecuator spre poli.

Caracteristicile proiecției Mercator sunt:
- meridianele sunt linii drepte paralele şi egal distanțate între ele;
- paralelele sunt linii drepte paralele dar neegal distanțate;
- este conformă;
- nu este echidistantă (scara creşte spre poli);
- nu este echivalentă (2 suprafețe egale pe teren vor arăta diferit pe hartă; astfel, cea de la latitudinea de 60^o va fi de 2 ori mai mare față de cea de la ecuator);
- loxodroma este o linie dreaptă;
- ortodroma nu este o linie dreaptă.

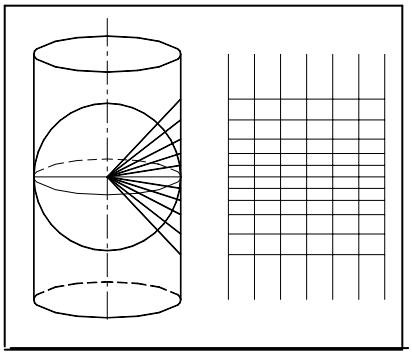


Fig. 4.12. Proiecția cilindrică

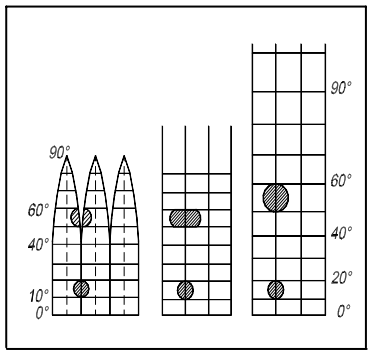


Fig. 4.13. Proiecția Mercator

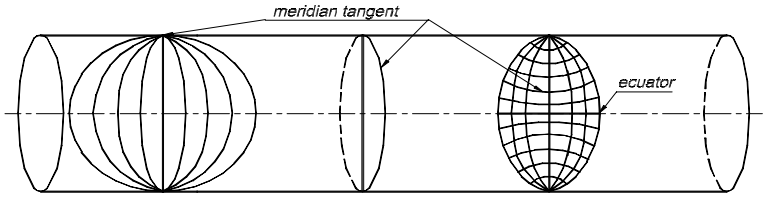


Fig. 4.14. Proiecția cilindrică transversală Gauss

4.6. Proiecția cilindrica transversala GAUSS

În cazul acestei proiecții, cilindrul are axa perpendiculară pe axa pământului, suprafața fiind tangentă la poli de-a lungul unui meridian.

Proiecția are următoarele caracteristici:

- meridianul axial se proiectează sub forma unei linii drepte perpendiculare pe ecuator fără nici o deformare în ce priveşte lungimea sa;
- restul meridianelor se proiectează sub forma unor linii curbe, convergente la poli;
- ecuatorul apare ca o linie dreaptă;
- paralelele sunt arcuri de cerc dispuse simetric în raport cu ecuatorul;
- proiecția este conformă echidistantă şi echivalentă;
- ortodroma şi loxodroma nu sunt linii drepte.

4.7 Proiecția stereografică polară

Datorită faptului că proiecțiile cilindrice şi conice se folosesc până la aprox. 60^o -70^o latitudine, pentru reprezentarea pământului la latitudini mai mari pe hărțile de navigație se foloseşte proiecția stereografică polară.

În cadrul acestei proiecții centrul de vedere se află la unul din poli iar suprafața tangentă la celalalt pol.

Proiecția are următorele caracteristici:

- meridianele apar ca linii drepte convergente la poli;
- paralelele apar ca cercuri concentrice cu centrul la pol, însă distanța dintre ele se măreşte pe măsură ce ne depărtăm de pol;
- ortodroma se apropie foarte mult de o linie dreaptă;
- loxodroma este o linie curbă;
- proiecția nu este echivalentă.

Fig. 4.15. Proiecția polară

5. Harta

Harta este o reprezentare (transpunere) convențională pe un plan de dimensiuni reduse a suprafeței elipsoidului terestru, sau a unei părți a acesteia folosind un sistem de proiecție cartografică.

La o hartă trebuiesc luate în considerare următoarele caracteristici:

a. scara hărții;
b. proiecția cartografică;
c. nivelmentul;
d. planimetria;
e. hidrografia;
f. semne convenționale şi alte date generale.

a. *scara hărții* reprezintă raprtul dintre distanța "s" măsurată pe hartă şi distanța reală "S" măsurată pe teren, folosind aceeaşi unitate de măsură. Ea se exprimă printr-un raport s/S = 1/n sau 1:n; unde n arată de câte ori distanța s de pe hartă se cuprinde în distanța reală S de pe teren.

Scara hărții poate fi:

- *scară numerică*, 1:500.000 sau 1/ 500.000;

Numărătorul se exprimă prin cifra *1*, iar numitorul arată de câte ori este mai mică harta față de suprafața de teren pe care o reprezintă;

- *scara grafică*. Acest mod de exprimare al scării hărții este o reprezentare grafică a scării numerice.
- *scara naturală* este scara în care se arată direct valoarea de transformare a măsurătorilor de pe hartă (ex: 10 cm = 5 Km. sau 10 cm = 10 Km.).

De regulă hărțile au o scară grafică şi o scară numerică.

b. *proiecția cartografică* este elementul care permite cunoaşterea caracteristicilor principale ale hărții respective.

c. *nivelmentul* reprezintă totalitatea formelor de relief. Reprezentarea nivelmentului pe hartă se

realizează prin curbe de nivel, tente hipsometrice, tente umbrite şi cote.

d. *planimetria* reprezintă totalitatea construcțiilor de pe teren: poduri, terenuri, oraşe, căi ferate, drumuri etc.

e. *hidrografia* infățişează cursurile de apă de pe terenul reprezentat;

f. *formele convenționale* sunt simboluri folosite pentru ca harta să reprezinte cât mai sugestiv elementele de pe teren: localități, căi ferate, poduri, etc..

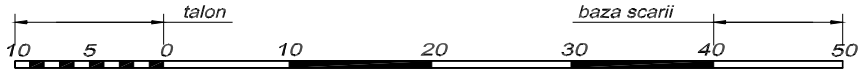


Fig. 5.16. Scara hărții

5.1. Hărțile aeronautice

Hărțile aeronautice sunt destinate:
- calculelor preliminare a traiectelor de navigație;
- orientării la vedere şi navigației estimate;
- navigației radioelectrice;
- procedurilor de operare *IFR* şi *VFR* (zbor instrumental şi zbor la vedere).

Se deosebesc:
- *harta traiectelor* de navigație: scara 1:500.000, 1:1.500.000;
- *harta de navigație pentru avioane de mare viteză* scara 1:3.000.000;
- *harta lumii* scara 1:1.000.000. Aceasta este harta de bază pentru navigația la vedere pe distanțe medii;
- *harta de navigație la vedere* scara 1:500.000 care derivă din harta lumii dar are mai multe elemente;
- *harta de radionavigație* scara 1:500.000 - 1:2.000.000, conține axele căilor aeriene, direcțiile magnetice, nivelele minime de zbor, puncte obligatorii de raport, frecvențele şi indicativele mijloacelor de radionavigație şi a organelor de trafic şi alte informații;
- *harta procedurii de apropiere după instrumente*, scara 1:250.000 conține elemente topografice şi hidrografice precum şi elementele de navigație radioelectrică pentru executarea procedurilor;
- *harta procedurii de apropiere la vedere*, scara 1:200.000 conține aceleaşi elemente, dar în condiții de zbor VFR (zbor la vedere);
- *harta regiunii terminale de control* la scara 1:50.000 destinată procedurii de trecere de la navigația pe căi aeriene la apropierea pentru aterizare. Ea conține rute de plecare şi sosire pe direcțiile de decolare - aterizare;

Fig..5.17. HARTA AERONAUTICA Scara 1:500.000

- *harta de aterizare* la scara 1:25.000 conține dimensiunile pistelor şi elemente de amplasare generală a mijloacelor şi clădirilor aeroportului (aeroclubului);
- *harta de aerodrom*, scara 1: 10.000 conține informații detaliate privitoare la pistă, căile de circulație şi platforma.

6. Magnetismul terestru

Magnetismul terestru reprezintă un ansamblu de fenomene magnetice datorate constitutiei neomogene a planetei noastre (nucleul pământului este constituit din fier şi nichel care datorită temperaturilor şi presiunilor mari precum şi datorită rotației, generează fenomenul de *inducție magnetică*). Magnetismul terestru suportă şi *influențe extraterestre*.

Pământul se consideră că acționează ca un magnet de dimensiuni enorme (vezi Fig. 6.18.) având caracteristicile şi proprietățile unei bare magnetice.

Câmpul magnetic, forma de manifestare a magnetismului terestru, se caracterizează prin liniile de forță magnetică (vezi Fig. 6.18.)

Punerea în evidență a câmpului magnetic terestru se realizează cu ajutorul unui ac magnetic suspendat, liber a se roti în plan orizontal. Acul se va orienta întotdeauna de-a lungul

liniilor de forță magnetică care acționează asupra lui. Direcția de orientare a acului magnetic se consideră a fi direcția meridianului magnetic. (vezi Fig. 6.18.).

Polul nord magnetic şi polul nord geografic nu coincid.

Diferența unghiulară între direcția nordului geografic şi direcția nordului magnetic (dintre meridianul adevărat şi magnetic al locului) se numeşte *declinație magnetică* şi se notează cu Δ_m.

Dacă se unesc toate punctele de pe suprafața pământului cu aceeaşi declinație magnetică, se obțin niste curbe, numite ***izogone***.

Declinația magnetică poate fi estică (*pozitivă*) sau vestică (*negativă*) (vezi Fig. 6.19.), în funcție de amplasarea meridianului magnetic față de cel geografic.

Datorită faptului că nordul magnetic nu coincide, ci se deplasează în jurul polului nord geografic, executând o rotație de 360^o în timp de peste 800 de ani, *declinația magnetică este variabilă*.

Din aceste motive pe hărți sunt trecute în dreptul liniilor izogone data când au fost trasate, cât şi variația anuală a acestora.

În țara noastră variația declinației magnetice este de 5,1' E pe an. Pentru a afla declinația magnetică din prezent, se va înmulți diferența de ani (de la data editării hărții şi până la data calculului) cu variația declinației (5,1' x nr. de ani) şi se va aduna la declinația trasată pe hartă.

Pe hărți se trasează şi *liniile care au aceeaşi înclinație magnetică şi care se numesc izocline*.

Unghiul de înclinație magnetică este 0^o la ecuator şi 90^o la poli.

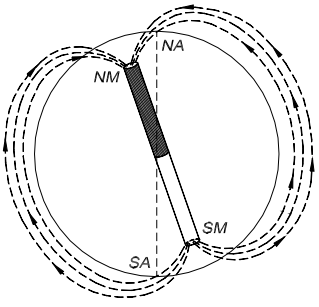
Liniile care au declinația 0^o se numesc linii *agone*.

Datorită faptului că structura geologică a pământului este foarte diferită din punct de vedere magnetic, de la loc la loc, vom întâlni pe hărțile de navigație aeriană, în afara liniilor de egală declinație şi linii (zone) unde valoarea câmpului magnetic este foarte puternică şi cu izogonele deformate. Aceste *zone de anomalii magnetice* se pot întinde de la câteva zeci de metri la câteva sute de Km. O astfel de zonă, unde intensitatea câmpului magnetic este aproape similară cu regiunea polilor, este regiunea Kursk din Rusia (zona cu bogate zăcăminte de fier).

În afara acestor anomalii, câmpul magnetic terestru este supus şi unor *perturbații cu un caracter aleator. Aceste perturbații se numesc furtuni magnetice şi* au loc în general în zona polilor, dar se mai produc şi pe întreg globul.

Cauzele acestor furtuni magnetice sunt legate de apariția petelor solare, care au o periodicitate de 11 ani. *Petele solare sunt zone de emisie a particulelor ionizate care au propriul lor câmp magnetic şi care interferă cu cel terestru*.

Durata acestor furtuni este de câteva ore; în schimb sunt foarte puternice, înregistrându-se furtuni în cadrul cărora declinația s-a modificat cu 52^o. În timpul acestor furtuni acul magnetic este foarte instabil.



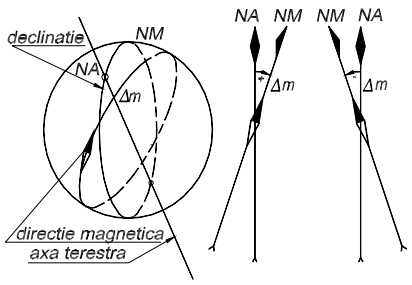


Fig. 6.18. Magnetismul terestru Fig. 6.19. Declinația magnetică

7. Elemente de navigație aeriană

Acestea sunt :

- acțiunea vântului asupra planorului (deriva);
- acțiunea vântului asupra vitezei față de sol;
- drumuri, capuri;
- trasarea drumurilor.

În acest capitol sunt definite elementele care se calculează la sol înaintea începerii zborului, elemente necesare echipajului pentru efectuarea zborului.

Direcția indică poziția sau orientarea unui punct în spațiu, în raport cu un alt punct, fără a ține seama de distanța dintre ele.

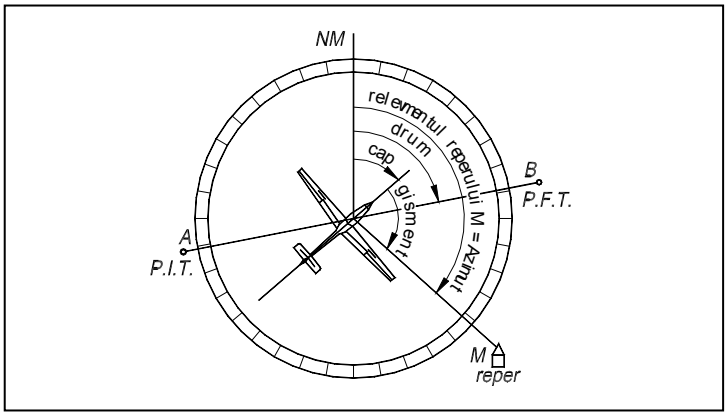


Fig. 7.20. Direcții

Determinarea direcției se poate face în plan orizontal sau în plan vertical.

În navigația aeriană se folosesc ca direcții *drumurile, capurile şi relevmentele*.

7.1. Drumurile aeronavei

Drumul este unghiul format între direcția nordului (**N**ord **A**devarat, **N**ord **M**agnetic) şi linia care uneşte **P**unctul **I**nițial al **T**raiectului cu **P**unctul **F**inal al **T**raiectului.

Se deosebesc deci, *drumuri adevărate (DA) şi drumuri magnetice (DM)* (vezi Fig. 7.21.).

Când traiectul aeronavei **coincide** cu linia drumului obligat (LDO), atunci drumurile măsurate se numesc *drumuri* (adevărate sau magnetice) *obligate* (DAobl, DMobl).

Când traiectul real al aeronavei **nu coincide** cu LDO, drumurile se numesc *drumuri* (adevărate sau magnetice) *real urmate* (DAr, DMr).

Măsurarea drumurilor pe hartă se realizează astfel:

- se uneşte PIT cu PFT pe hartă;
- cu ajutorul unui raportor se masoară unghiul format între direcția celui mai apropiat meridian geografic şi LDO.

Abaterea laterală unghiulară este unghiul format intre linia drumului obligat LDO şi linia drumului real LDR. Se notează ALU.

Lungimea perpendicularei dusă din punctul unde se află aeronava pe LDR la LDO se numeşte *abatere laterală liniară* (ALL).

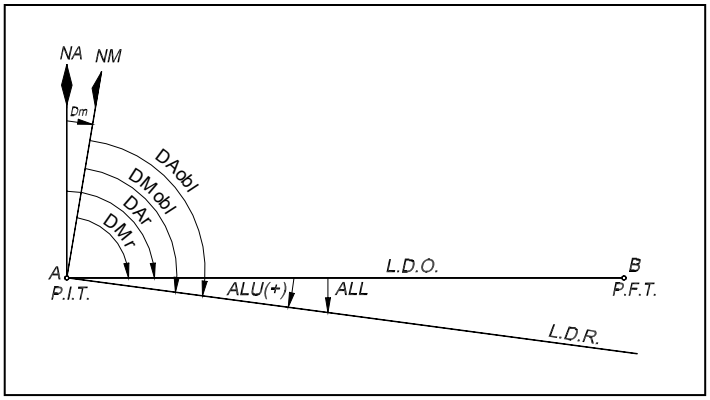


Fig. 7.21. Drumuri în navigația aeriană

7.2. Capurile aeronavei

Unghiul format între direcția nordului şi axa longitudinală a aeronavei se numeşte cap (vezi Fig. 7.22.).

Dacă direcția de referință este cea a nordului adevarat, se numeşte *cap adevărat (CA)*, iar dacă este a nordului magnetic, capul va fi *cap magnetic (CM)*.

Instrumentul cu care se citeşte capul magnetic este *Compasul de aviație (busola)* (vezi Cap. Instrumente de bord).

Acesta, în afara liniilor magnetice de forță, mai este supus şi câmpului magnetic al maselor metalice din structura aeronavei precum şi a câmpului electromagnetic generat de circuitele şi agregatele electrice de la bord. Din acest motiv *compasul de aviatie* nu va indica direcția meridianului magnetic, ci o alta, numită direcția nordului compas (NC).

Unghiul format între direcția nordului magnetic (NM) şi cea a nordului compas (NC) se numeşte *deviația compasului* şi se ia în considerare la calculul elementelor de navigație.

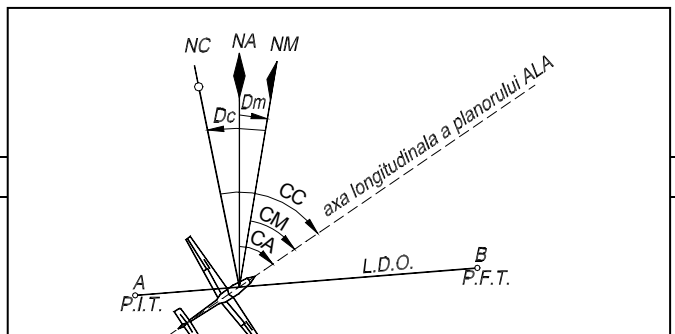


Fig. 7.22. Capurile aeronavei

7.3. Relevmentul

Relevmentul avionului este unghiul măsurat între meridianul care trece prin punctul de amplasare al mijlocului de radionavigație şi direcția ortodromică către punctul avionului.

Relevmentul stației este unghiul măsurat între meridianul care trece prin punctul de amplasare al avionului şi direcția ortodromică către mijlocul de radionavigație.

Referința de măsurare este direcția nordului adevărat (sau magnetic) şi vom avea relevmentele reperului (R.A.R. sau R.M.R.) măsurate în avion sau relevmentele avionului (R.A.A. sau R.M.A) măsurate la reper.

În cadrul aviației sportive nu se foloseşte de obicei relevmentul, totuşi este bine să fie cunoscut pentru cazurile de pierdere a orientării, când se apelează la turnurile de control ale aviației de transport.

În aceste situații turnul de control va transmite aeronavei prin radio *relevmentul magnetic al reperului (RMR = QDM) sau relevmentul magnetic al avionului (RMA = QDE)*.

QDM reprezintă direcția magnetică pe care ne deplasăm pentru a ajunge la turnul de control (reper), iar QDE reprezintă direcția magnetică pe care se află aeronava față de reper.

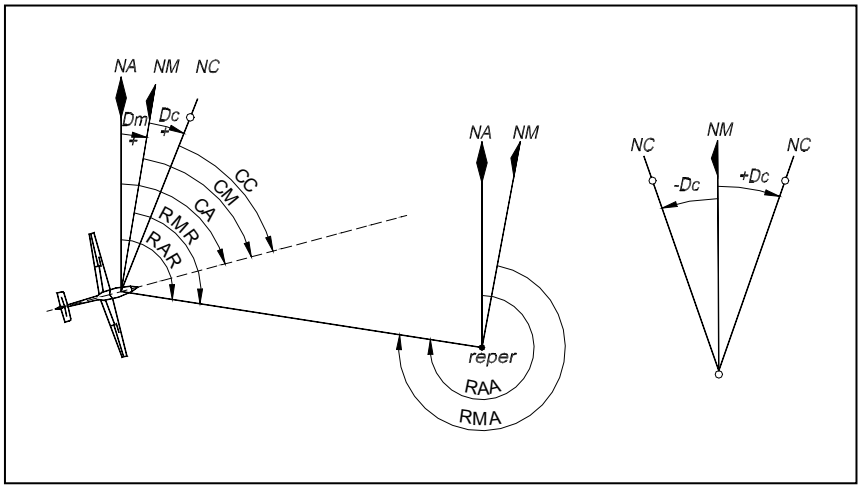


Fig.7.23. Capurile şi relevmentele

Drumuri-Capuri: relații de calcul

Drumurile folosite în navigația aeriană sunt în general trasate pe hartă începând cu linia drumului adevărat LDO. Prin măsurare pe hartă se va determina DA şi prin calcul se va afla drumul magnetic DM, apoi cunoscând deviația compasului se va calcula drumul compas DC cu următoarele relații:

DA = DM + (± Dm)
DM = DA - (± Dm)
DC = DM - (± Dm)
DM = DC + (± Dm)
DA = DC + (± Dc) +(± Dm)
DC = DA - (± Dc) +(± Dm)

Exemplu:

DA = 70°; Dm = 5°;
DM = 70° - 5° = 65°

În timpul zborului la bordul aeronavei se citeşte direct la compasul de aviație, capul compas. Acesta se masoară între direcția nord compas (direcția nord indicată de compas), şi prelungirea axei longitudinale a aeronavei, partea din față. (vezi Fig. 7.22.).

Relațiile de calcul sunt:
CM = CA - (± Dm)
CA = CM + (± Dm)
CC = CM + (± Dc)
CM = CC - (± Dc)
CC = CA - (± Dm) - (± Dc)
CA = CC + (± Dm) + (± Dc)

Exemplu:
CM = 60°; Dm = 5°;Dc = +2°
CM = 60°- 5°= 55°
CC = 55°- 2°= 53°

7.4. Unghiul de derivă

Ultimul element care determină modul de desfăşurare a zborului este deriva sau unghiul de derivă, care se datorează direcției şi vitezei de deplasare a masei de aer în care zboară aeronava. Prin *derivă* se înțelege unghiul format între prelungirea axei longitudinale a aeronavei şi linia drumului real şi se notează Dv.

Deriva aeronavei variază în funcție de viteza vântului, direcția acestuia față de LDO (**U**nghiul **D**rumului cu **V**ântul), cât şi de viteza proprie a aeronavei (*V.P.A.*)

Variația derivei se manifestă astfel:
- cu cât viteza vântului este mai mare, cu atât unghiul derivei va fi mai mare;

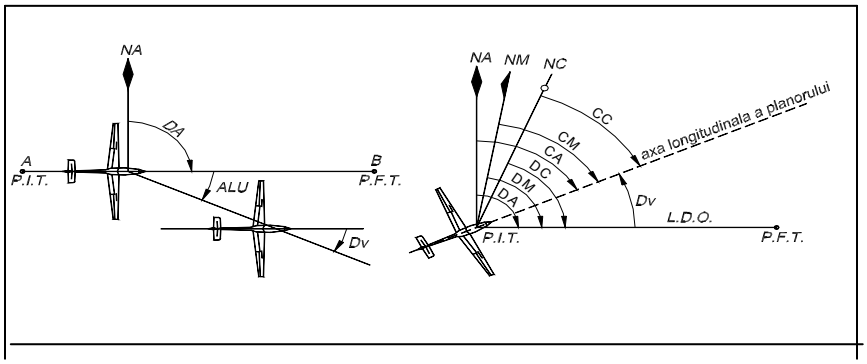


Fig. 7.24. Deriva aeronavei

- cu cât unghiul direcției vântului față de LDO (UDV) este mai mare, cu atât unghiul de derivă va fi mai mare. (UDV poate avea valori cuprinse între 0° şi 180° stânga/dreapta față de LDO).
- cu cât viteza proprie a avionului este mai mare, cu atât unghiul de derivă este mai mic.

7.5. Relațiile de calcul între drumuri şi capuri

Relațiile de calcul între drumuri şi capuri sunt următoarele:

CA = DA - (± Dv)

CM = DM - (± Dv) = DA - (± Dm) - (± Dv)

CC = DM - (± Dc) - (± Dv) = DA - (± Dm) - (± Dc) - (± Dv)

DA = CC + (± Dc) + (± Dm) + (± Dv)

Calcularea derivei şi a celorlalte elemente necesare desfăşurării zborului se realizează cu ajutorul metodelor grafice (triunghiul de navigație al vitezelor) sau cu ajutorul calculatoarelor de navigație.

7.6. Acțiunea vântului asupra vitezei la sol

După cum se ştie, vitezometrul indică viteza de zbor a aeronavei față de masele de aer (VPA).

În acelaşi timp masele de aer se vor deplasa față de sol. Din acest motiv şi *viteza aeronavei față de sol (VS)* va fi diferită de viteza proprie a aeronavei. Această viteză depinde de viteza vântului, după cum urmează:

- viteza aeronavei față de sol creşte atunci când vântul este de spate;
- viteza aeronavei față de sol scade când vântul este de față;

7.7. Triunghiul de navigație al vitezelor

Triunghiul de navigație al vitezelor reprezintă procedeul de bază pentru determinarea elementelor principale de navigație ale zborului.

Triunghiul de navigație al vitezelor se compune din 3 vectori:

- vectorul vitezei proprii;
- vectorul vitezei vântului;
- vectorul vitezei față de sol.

Cunoscând 2 vectori se determină cel de-al treilea şi deriva.

Triunghiul de navigație al vitezelor se poate rezolva grafic, analitic şi cu ajutorul calculatoarelor de navigație sau a oricarei rigle de calcul.

Rezolvarea grafică a triunghiului de navigație al vitezelor este prezentată în continuare: (vezi Fig. 7.25.)

De obicei se cunosc drumul adevarat DA, viteza proprie adevarată VPA, direcția şi viteza vântului. Se cere să se determine deriva (Dv), viteza față de sol (VS) şi capul adevărat (CA).

Se trasează pe o coală de hârtie o scară grafică convenabilă care să cuprindă atât viteza vântului Vv cât şi viteza proprie adevarată VPA. Dintr-un punct ales ca origine, "O", se trasează linia drumului obligat LDO. În originea aleasă se amplasează şi vectorul vânt la aceeaşi scară şi anume cu originea vectorului în punctul "O". Din vârful vectorului vânt (punctul A), de regulă cu ajutorul unui compas, se trasează un arc de cerc cu o rază egală cu VPA care se intersectează cu LDO. În acest punct de intersecție, B, se amplasează un nou vector Vv, cu vârful pe LDO. Se uneşte punctul de origine "O" cu originea vectorului vânt Vv (punctul C).

S-au obținut 2 triunghiuri asemenea în care:

AB = OC = VPA

OB = Vs (se măsoară pe scara grafică) iar unghiul BOC = Dv se măsoară cu raportorul.

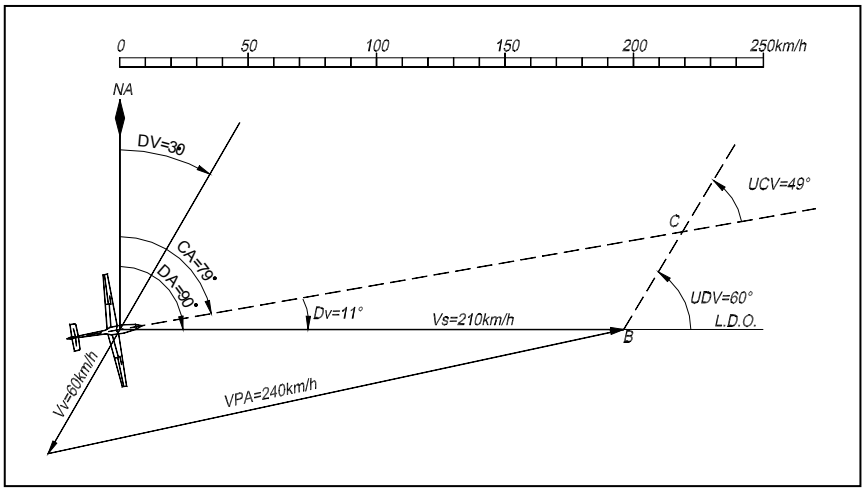


Fig. 7.25. Rezolvarea grafica a trunghiului de navigație al vitezelor

Unghiul format între linia drumului obligat şi direcția vântului se numeşte unghiul drumului cu vântului (UDV) (măsurat invers, devine UVD). El se măsoară pe ambele părți ale LDO de la 0^o la 180^o.

Unghiul format între axa longitudinală a avionului (partea din față) şi direcția vântului se numeşte unghiul capului cu vântul (UCV) (măsurată invers, devine UVC).

UVC va fi întotdeauna mai mic decât UVD cu valoarea derivei.

Exemplu:

DA = 90^o; Vv = 30^o /60 Km/h;

VPA = 240 Km/h

Rezolvând grafic (vezi Fig.N.7.25.), se obține:

Dv = 11^o; Vs = 220 Km/h;

CA = 79^o; UVD = 60^o;

UVC = 49^o ;

Pentru rezolvarea grafică a triunghiului de navigație al vitezelor se poate proceda şi astfel :

În punctul "O" de pe LDO se aplică vectorul VPA şi Vv (vezi Fig. 7.26).

Construind paraleleogramul forțelor se obține componenta OB care reprezintă VS. Unghiul cuprins între VPA şi VS (Unghiul AOB) este deriva avionului şi trebuie măsurată cu raportorul.

Cunoscând drumul adevarat DA, se poate calcula capul adevarat CA cu ajutorul următoarei formule :

CA = DA - (± Dv)

Viteza la sol se obține măsurând pe scara grafică lungimea vectorului OB.

A

O

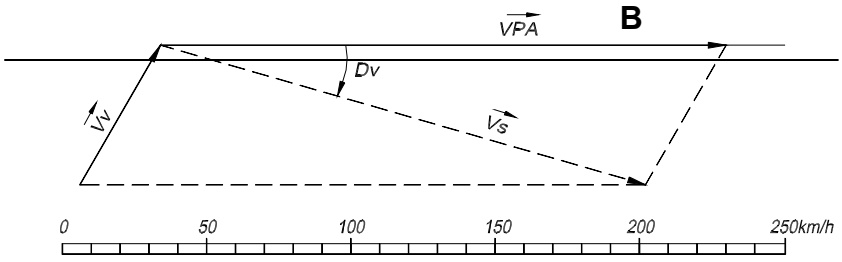


Fig. 7.26. Rezolvarea grafică a triunghiului de navigație al vitezelor

Pentru rezolvarea analitică a triunghiului de navigație al vitezelor se foloseşte Teorema sinusurilor într-un triunghi oarecare. (vezi Fig. 7.27.)

$$\frac{a}{\sin a} = \frac{b}{\sin ß} = \frac{c}{\sin t}$$

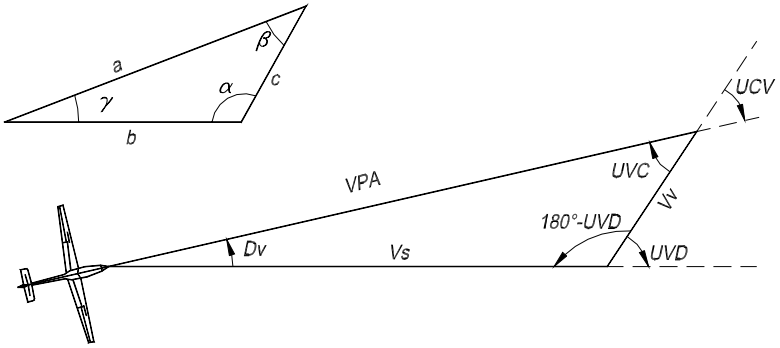


Fig. 7.27. Rezolvarea analitică a triunghiului de navigație al vitezelor

În relația de mai sus, cunoscând trei elemente, se poate determina cel de-al patrulea. Această relație se poate aplica şi la triunghiul de navigație al vitezelor. Sunt necesare 2 precizări :
- unghiul adiacent al lui UVD este 180^o-UVD, iar sin (180^o -UVD)= sin UVD;
- unghiul opus vectorului VS este UVC. Relația va deveni:

- VPA Vs Vv
  ---------- = ---------- = ----------
  sin(180°-UVD) *sin UVC* *sin Dv*

Pentru exemplul din Fig.N.7.25, se obțin următoarele valori:
UVD = 90° - 30° = 60°

240Km/h 60 Km/h 240 60
---------- = ---------- sau ---------- = ---------- de unde:
sin (180°-60°) sin Dv sin 60° sin Dv

sin Dv = 0,22, rezultă Dv = 12°40'.
Vs = 205,5 Km/h;
CA = DA - (Dv) = 90° - 12 ° = 78°.

Cunoscând capul adevărat, prin rezolvarea triunghiului de navigație al vitezelor se poate afla *capul compas*.

Cunoscând declinația magnetică (citită pe hartă) şi deviația compasului (citită la bordul aeronavei), capul compas se calculează după formula:

CC = CA - (± Dm) - (± Dc) - (± Dv)

8. Probleme de altimetrie

Aceste probleme se întâlnesc în navigația aeriană datorită deselor situații când va trebui să urcăm cu aeronava până la o anumită înălțime. În cadrul acestor zboruri vom întâlni următoarele definții pentru înălțimi:

Înălțimea absolută (H Abs) sau Altitudinea este distanța pe verticală măsurată de la nivelul mediu al mării până la punctul considerat unde se află aeronava.

Înălțimea relativă (H Rel) sau înălțimea, *este distanța pe verticală măsurată de la suprafața de referință a aerodromului până la punctul considerat pentru măsurarea înălțimii.*

Înălțimea nivelului 91 (2700m) sau nivelul de zbor (FL), este distanța pe verticală măsurată față de suprafața izobarică de 760 mm col.Hg sau 1013.25 mb (HPa).

Înălțimea reală sau adevărată (H real sau H adev) este distanța pe verticală măsurată dintre obstacolul survolat şi aeronavă. Datorită neregularităților terenului această înălțime este variabilă pe tot parcursul zborului.

Cota este înălțimea obstacolului măsurată față de nivelul mediu al mării.

În funcție de aceste înălțimi în timpul zborului, organele de trafic vor transmite la echipaje următoarele presiuni:
- QNH = presiunea redusă la nivelul mării;
- QFE = presiunea la nivelul pistei;
- QNE (Std) = presiunea de referintă de 760 mm col Hg sau 1013.25Mb (HPa).

Treapta barică este distanța pe verticală dintre 2 planuri a căror diferență de presiune este egală cu un mb (Hp).

1 hPa = 8.4 m;
1 mm col Hg = 11.2 m

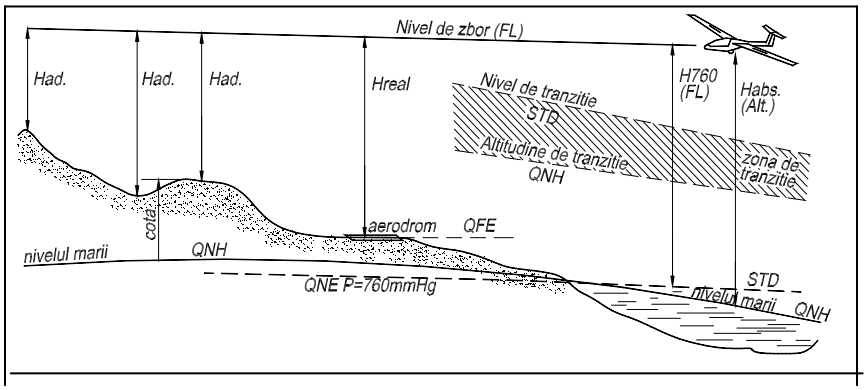


Fig. 8.28. Înălțimi în navigația aeriană

Astfel apar situații când în cadrul problemelor se cere să se execute calcule şi transformări din mmHg în mb (hPa) cât şi transformări în funcție de punctele de referință față de care se fac măsurătorile.

Exemplu : O aeronavă va decola de pe un aerodrom după QFE şi va trebui să urce până la un anumit nivel (FL) după Std. Cunoscând cota aerodromului şi presiunea se poate calcula ce spațiu pe verticală va avea de parcurs aeronava, deci timpul necesar şi respectiv consumul de combustibil (pentru avioane).

Zona de tranziție reprezintă suprafața din spațiul aerian pe verticală în cadrul căreia o aeronavă în urcare sau coborâre execută proceduri de calaj altimetric, trecând pe Std la urcare pentru intrare pe nivelul de zbor FL, sau trecând altimetrul pe QFE-ul aerodromului în situația executării procedurilor de aterizare.

8.1. Calajul altimetric

În situația zborurilor de deplasare de pe un aerodrom pe altul suntem nevoiți de multe ori să aterizăm pe cel de-al doilea şi altimetrul va arăta o anumită cifră (diferența de înălțime dintre cele 2 aerodroame).

Pentru a se putea executa în mod corect *elementele de apropiere pentru aterizare* (la înălțimile impuse de instrucțiunile de exploatare ale celui de-al doilea aerodrom), trebuie să executăm *calajul altimetrului*.

*Această operație are rolul de a aduce altimetrul în situația ca la aterizarea pe noul aerodrom să arate **"0"** m înălțime.*

Înainte de a decola de pe primul aerodrom, cerem de la organele de trafic sau de la meteo, presiunea din momentul respectiv la pragul pistei de decolare (QFE aerodrom decolare).

Pentru calaj în interiorul altimetrului este introdusă o scală barometrică. Aceasta este vizibilă printr-o fereastră a altimetrului şi este gradată în mm Hg sau mb.

Operatiunea de calaj (după QFE) se realizează astfel:

- se aduce înainte de decolare acul altimetrului la "0";
- se desface piulița de la butonul cu cremalieră, se trage butonul spre exterior şi se roteşte până când presiunea indicată în fereastră este cea dată de stația meteo sau organele de trafic de pe aerodrom. După acesata se împinge butonul şi se strânge piulița înapoi.

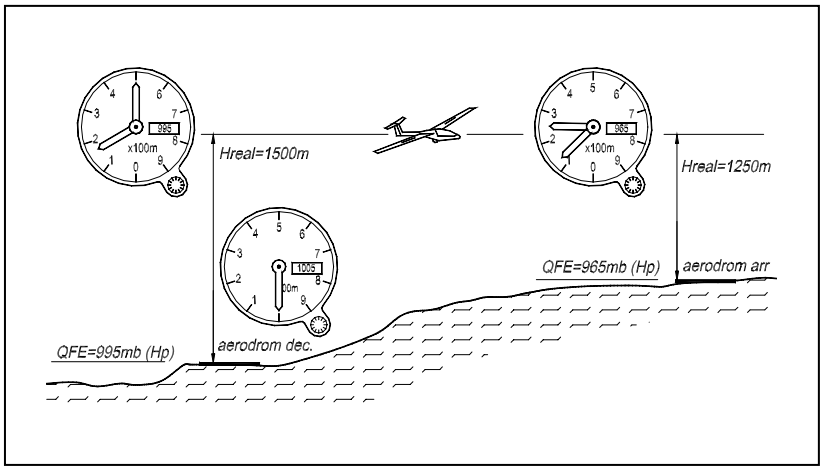


Fig. 8.29. Calajul altimertic

Cu aceasta se poate decola.

În timpul zborului va fi suficient să cerem presiunea de la pragul pistei de la cel de-al doilea aerodrom (aerodromul de aterizare), să rotim butonul fără să mai slăbim piulița până când în fereastră apare presiunea corespunzătoare celui de-al doilea aerodrom. În timpul rotirii se vor schimba atât indicațiile presiunii din fereastră cât şi indicațiile acelor altimetrului (indicațiile de înălțime).

Când am terminat operația de rotire a butonului (operația de calaj), acele altimetrului ne vor arăta la ce înălțime ne aflăm față de cel de-al doilea aerodrom.

În momentul când vom ateriza pe noul aerodrom, altimetrul va indica "0"m înălțime.

Executând calajul altimetrului, avem certitudinea că vom executa procedurile de apropiere pe noul aerodrom având înălțimile minime de siguranță la trecerea peste eventualele obstacole de pe lângă aerodrom.

9. Lucrul cu harta

În cadrul navigației la vedere o importanță deosebită o are cunoasterea în permanență a poziției aeronavei. Pentru aceasta un pilot va trebui să ştie să compare în permanență reperele de pe sol cu cele de pe hartă, să aleagă repere caracteristice pe sol, respectiv pe hartă, repere care se vor afla la o distanță de cca.15 min de zbor pentru a putea fi în permanență la vedere. În acest scop pilotul va trebui să se obişnuiască să aprecieze în zbor distanțele atât pe hartă cât şi pe teren, lucru care se realizează în urma antrenamentului în zonă.

Având distanțe cunoscute pe sol, în timpul zborului vom urmări cum se văd de la diferite înălțimi de zbor, pentru ca apoi să le putem compara cu distanțe necunoscute din teren. Totodată, prin antrenament vom învăța aprecierea acestor distanțe pe hartă.

Fiecare pilot planorist, în cadrul zborurilor de antrenament, va trasa pe hartă unele cercuri din 5 în 5 Km cu centrul în centrul aerodromului. Aceste cercuri ne vor ajuta la obişnuirea ochiului cu distanțele de pe sol. Trebuie menționat că odată cu creşterea înălțimii, citirea hărții se face mai greu datorită aplatisării formelor de relief iar unele detalii sau chiar repere dispar datorită micşorării vizibilității oblice.

În situația când se trece la zborul de distanță se recomandă următoarele:

- orientarea hărții în sensul deplasării;
- alegerea unor repere uşor de identificat. Se poate întâmpla ca unele repere de pe hartă să fi dispărut din teren şi să fi apărut altele noi;
- la începerea spiralării în căminul termic, alegerea de repere noi pe traseu, cât permite vizibilitatea, pentru a şti în ce parte să părăsim căminul termic;
- trebuie ținut cont de faptul că aspectul general al zonei se modifică în funcție de anotimp;
- după trasarea pe hartă a LDO, se calculează capul compas şi apoi se studiază reperele de pe stânga şi dreapta traseului, cât şi zonele favorabile apariției condiției termice.

10. Calcule mintale

De multe ori în timpul zborului, pentru a pierde cât mai puțin timp, în afară de *abace,* suntem nevoiți să efectuăm şi unele *calcule mintale* care ne ajută la navigație.

Calculele mintale se referă la:

- aprecierea distanțelor pe hartă, lucru care se realizează prin antrenament, plecând de la unghiuri de 90^o-45^o şi ajungând la unghiuri de 5^o.
- determinarea timpului de zbor se face calculând cât parcurge planorul într-un minut şi apoi făcând raportul față de distanța totală, aflăm cât timp vom zbura până la destinație.

CAPITOLUL IV
AERODINAMICĂ

1. Generalități

Aerodinamica este ştiința (ramură a mecanicii fluidelor) *care se ocupă cu studiul mişcării aerului* (şi în general al gazelor) *precum şi cu studiul mişcării corpurilor în aer* (sau în alte gaze).

Ca o consecință a apariției vehiculelor aeriene, au început să se dezvolte diferite ramuri ale aerodinamicii:

- *aerodinamica teoretică,* disciplină în cadrul căreia, cu ajutorul matematicii, tratează cele mai generale legi şi fenomene fizice aerodinamice;
- *aerodinamica experimentală* studiază fenomenele prin intermediul unor experiențe adaptate lor (cu precizarea că obținem acelaşi rezultat dacă deplasăm corpul față de fluid sau fluidul față de corp).
- *aerodinamica aplicată* foloseşte cunoştințele din celelalte două sectoare ale aerodinamicii, în construcțiile aeronautice.

2. Aerul şi calitățile sale

Zborul unei aeronave are loc în interiorul masei fluide care înconjoară întreaga suprafață a planetei noastre. Acest mediu numit *aer atmosferic* şi menținut în jurul Pământului datorită gravitației, reprezintă un amestec de gaze (vezi şi Cap. Meteo: 2.) în care plutesc o serie întreagă de particule materiale (de dimensiuni variabile şi în stări de agregare multiple).

Datorită distribuției parametrilor care o caracterizează din punct de vedere fizic:

- presiune,
- temperatură,
- umiditate,
- densitate,
- compresibilitate,
- vâscozitate,
- turbulență, etc., atmosfera apare ca un mediu cu structură diferită, atât pe orizontală cât şi pe verticală.

Dacă atmosfera şi proprietățile sale sunt studiate în amănunțime la capitolul de meteorologie, pentru buna înțelegere a celor ce vor urma, trebuie să facem următoarele precizări:

a. *compresibilitatea* este proprietatea gazelor de a-şi modifica volumul sub acțiunea forțelor exterioare, până la stabilirea unui echilibru între forțele ce iau naştere în gaz şi cele ce tind să-l comprime.

În cazul deplasării unei aeronave în atmosfera terestră, acest fenomen apare la viteze mari (peste 500 km/h) şi are consecințe deosebite.

Planoarele deplasându-se cu viteze de maxim 300-400 km/h, nu generează fenomenul de comprimare şi în consecință, pe întinsul acestui capitol, aerul atmosferic va fi considerat ca fiind un *fluid incompresibil*.

b. *efectele de frecare* există în mişcarea oricărui fluid compresibil sau incompresibil şi duc la două consecințe importante:

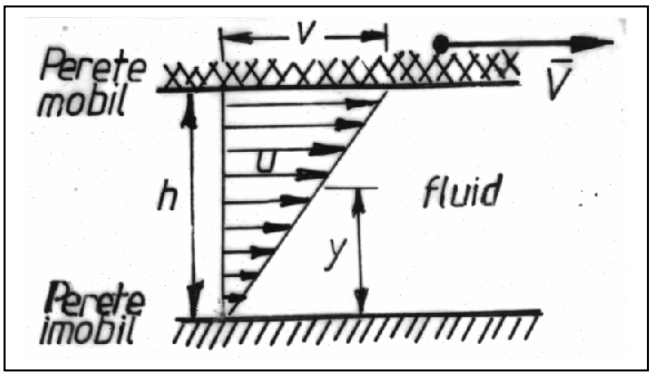


Fig. 2.1. Efectul frecării

- orice fluid aderă la suprafața unui corp solid cufundat în el sau la pereți, deci viteza *u* a fluidului la perete este egală cu viteza peretelui în mărime, direcție şi sens (vezi Fig. 2.1)

$$u = v \frac{y}{h} \qquad \text{(A.1)}$$

- în interiorul fluidului şi la contactul cu suprafețele solide, apar tensiuni de forfecare tangențiale:

$$\tau = \mu \qquad \text{(A.2)}$$

unde coeficientul de proporționalitate μ se numeşte *coeficient de vâscozitate*.

În practică se utilizează şi coeficientul de *vâscozitate cinematică:*

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad \text{(A.3)}$$

unde ρ = densitatea fluidului.

De multe ori, cu o bună aproximație, pentru uşurarea înțelegerii unor fenomene, fluidele se consideră *ideale*, adică lipsite de frecare.

c. caracterul mişcării unui fluid poate fi *laminar* sau *turbulent*, în funcție de mărimea numărului Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V l}{\mu} = \frac{V l}{\nu} \qquad \text{(A.4)}$$

unde V este o viteză caracteristică, iar "l" o lungime caracteristică.

În timp ce mişcarea laminară este caracterizată printr-un câmp continuu cu variații lente de viteze, presiuni, etc., mişcarea turbulentă prezintă fluctuații turbulente caracteristice şi este însoțită de o creştere substanțială a frecărilor aparente.

3. Tunelul aerodinamic

Tunelul aerodinamic este o instalație cu ajutorul căreia se pun în evidență şi se măsoară forțele ce iau naştere asupra unui corp ce se deplasează în aer, precum şi spectrele curgerii în jurul corpului.

În tunelul aerodinamic se foloseşte mişcarea aerului față de corpul studiat.

Tunelul aerodinamic poate fi:

- cu circuit închis;
- - cu circuit deschis.

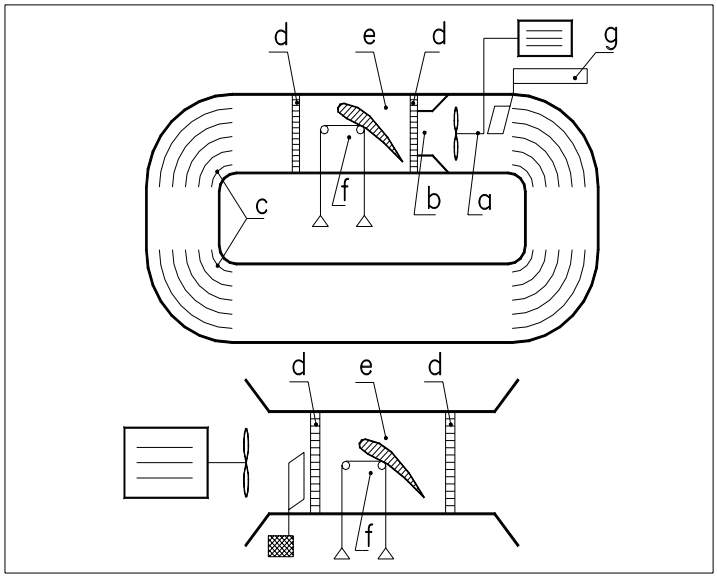


Fig. 3.2. Tunelul aerodinamic

Orice tunel aerodinamic se compune din:

a. instalație de pus aerul în mişcare;
b. tub ce dirijează aerul spre camera de experiență;
c. deflectoare pentru dirijarea paralelă a fileurilor de aer;
d. filtre de aer la intrarea şi ieşirea aerului din camera de experiență;
e. camera de experiență;
f. balanța aerodinamică;
g. instalație cu filtru pentru determinarea spectrului aerodinamic.

Prin *spectru aerodinamic* se înțelege traiectoria pe care o iau fileurile de aer în scurgerea lor în jurul unui corp.

Sufleria de spectre vizualizează fileurile de aer prin injectarea în spatele unui grătar, situat înaintea camerei de experiențe, a unui fum sau praf colorat.

Prin *scurgere permanentă* sau *staționară* a aerului se înțelege mişcarea la care presiunea, temperatura, densitatea şi viteza particulelor de aer, într-un anumit punct al curentului, rămân constante în timp.

Aceste mărimi pot avea şi alte valori în puncte diferite.

4. Ecuația continuităţiil

Să considerăm un fluid incompresibil (ρ = constant), care curge permanent printr-o conductă de secțiune variabilă, neglijând fenomenele de frecare (vezi Fig. 4.4.).

În condițiile de mai sus, conform legii conservării masei, masa de fluid care intră prin secțiunea S_1 în unitatea de timp este egală cu masa de fluid care iese prin secțiunea S_2 în unitatea de timp:

$m_1 = m_2$.

Dar $m_1 = \rho\, v_1\, S_1$ şi $m_2 = \rho\, v_2\, S_2$.

Înlocuind, vom obține: $\rho\, v_1\, S_1 = \rho\, v_2\, S_2$,

iar după simplificare rezultă:

$v_1\, S_1 = v_2\, S_2$, sau

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \qquad \text{(A.5)}$$

Această relație se numeşte *ecuația continuității* şi exprimă faptul că volumul de fluid care trece în condițiile date în unitatea de timp prin secțiuni diferite, este constant:

$S\, v$ = constant.

Deci, viteza de scurgere a fluidului este invers proporțională cu suprafața secțiunii.

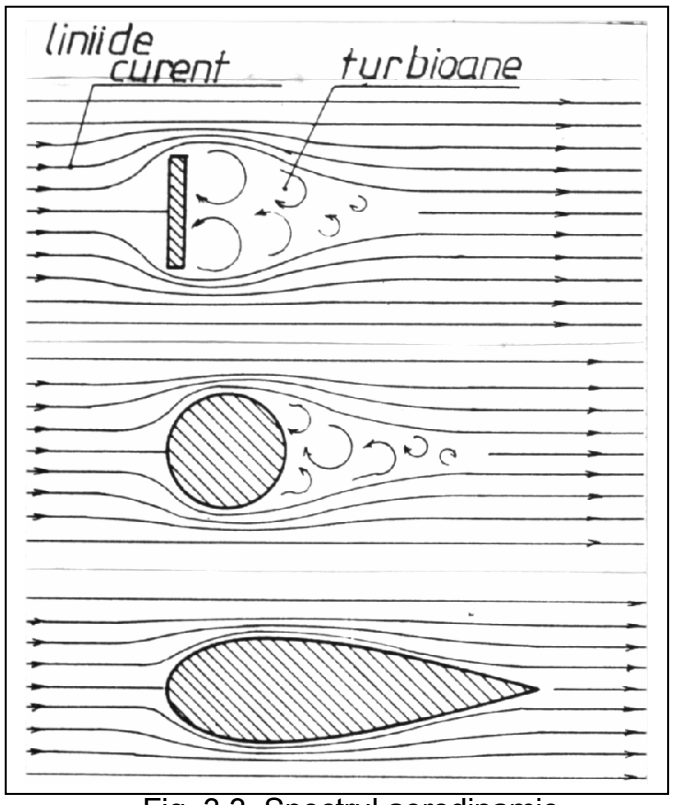


Fig. 3.3. Spectrul aerodinamic

5. Legea lui Bernoulli

Bernoulli (1700-1782) a stabilit relația de legătură dintre presiunea şi viteza unui fluid incompresibil, ideal (fără frecare), ce se scurge permanent, pornind de la ecuația de conservare a energiei.

Astfel, în condițiile amintite mai sus, suma dintre energiile cinetică şi potențială a masei de fluid rămâne constantă în orice secțiune a tubului de scurgere, dacă nu există pierderi de energie (vezi Fig. 5.5.).

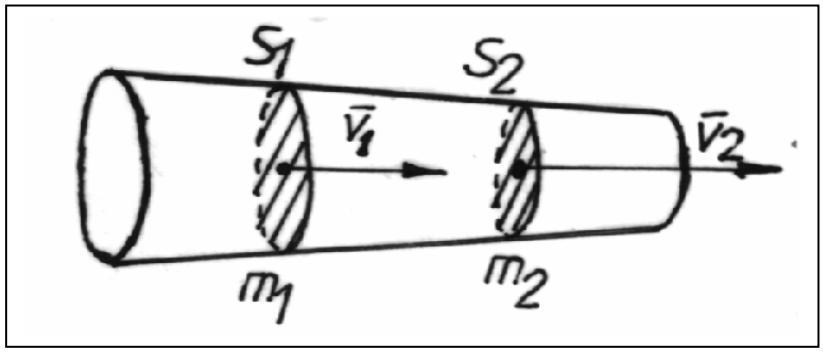


Fig. 4.4. Ecuația continuității

De aici rezultă, în urma unei scurte prelucrări matematice, că suma dintre *presiunea statică*, *presiunea dinamică* şi cea *hidrostatică* este o constantă (numită *presiune totală*) pentru fiecare secțiune:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 = constant = p_t$$

$$p_i + q_i + \rho g h_i = p_t \qquad \text{(A.6)}$$

unde:

- presiunea statică p_i = presiunea curentului de fluid asupra unei suprafețe orientată paralel cu mişcarea;
- presiunea dinamică q_i = presiunea curentului de fluid asupra unei suprafețe orientată perpendicular pe curent;

$$q_i = \frac{\rho v_i^2}{2} \qquad \text{(A.7)}$$

- presiunea hidrostatică ($\rho g h_i$) = presiunea datorată greutății coloanei de fluid;
- presiunea totală (p_t) = suma celorlalte presiuni şi este constantă.

Dacă $h_1 = h_2$, termenul $\rho g h$ se simplifică şi legea lui Bernoulli devine:

$$p_s + q = p_t \,, \qquad \text{(A.8)}$$

exprimând faptul că, în condițiile date, la o creştere a vitezei de curgere a fluidului într-o secțiune, corespunde o micşorare a presiunii statice în acea secțiune, şi invers.

Legea lui Bernoulli are numeroase aplicații practice, explicând diverse fenomene, ca de exemplu:

- atracția între două vapoare ce se deplasează paralel;

- funcționarea pulverizatorului;
- smulgerea acoperişurilor pe timpul furtunilor;
- măsurarea vitezei cu tubul Pitot (vezi Fig. 5.7.);

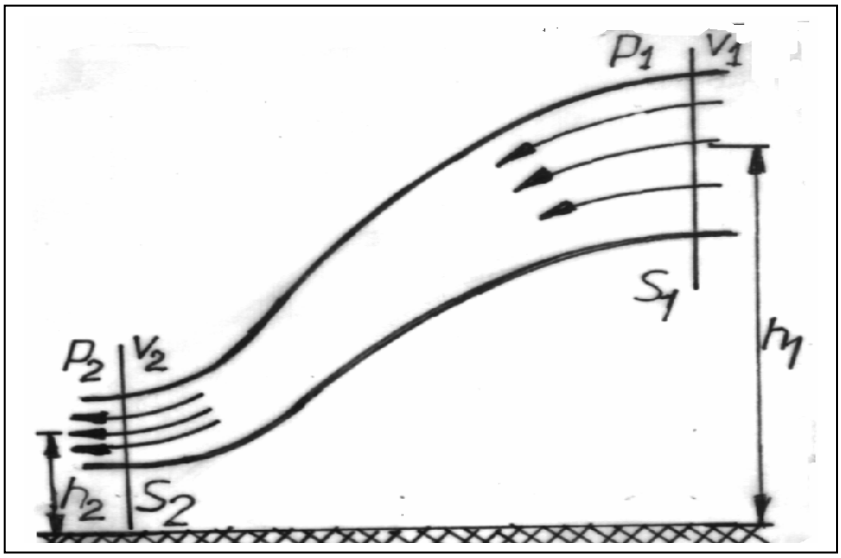


Fig. 5.5. Legea lui Bernoulli

Considerând două particule de fluid care plecă în acelaşi timp de la bordul de atac al profilului, datorită conservării masei (ecuația continuității), ele trebuie să ajungă în acelaşi timp la bordul de fugă.

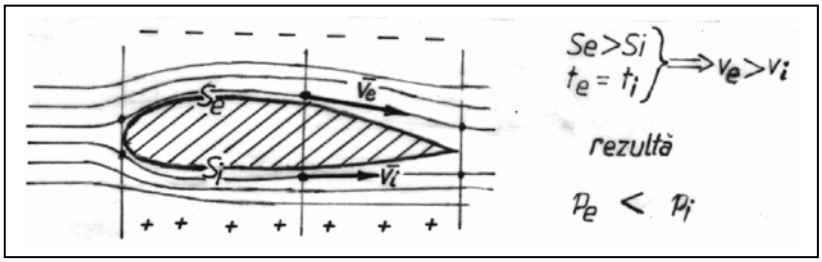


Fig. 5.6. Apariția forței portante

Datorită caracteristicilor geometrice ale profilelor aerodinamice, drumul pe care-l are de parcurs particula de pe extrados, este mai mare ca cel de pe intrados, de unde rezultă o viteză mai mare pe extrados şi, conform legii lui Bernoulli, o presiune statică mai mică decât cea de pe intrados. Apare, astfel, o forță, orientată de jos în sus, proporțională cu diferența dintre presiuni.

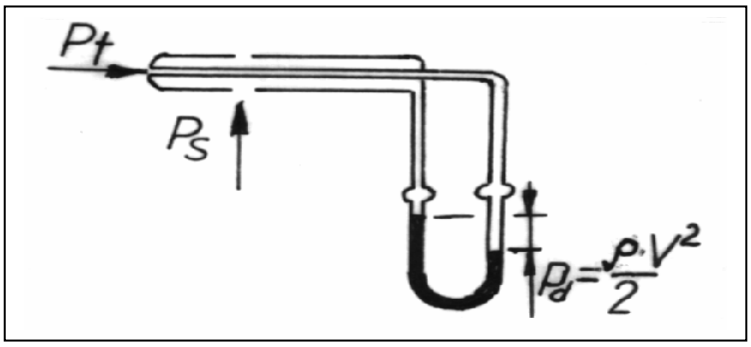


Fig. 5.7. Tubul Pittot

6. Rezistența la înaintare

Rezistența la înaintare este o forță ce se opune mişcării oricărui corp care se deplasează într-un fluid, deci şi în aer. În jurul acestuia apare o zonă de influență caracterizată printr-o modificare a presiunii aerului față de presiunea mediului înconjurător.

În fața corpului va apare o *creştere de presiune*, iar în spatele său, o *depresiune* (vezi Fig. 3.3. şi 6.8.).

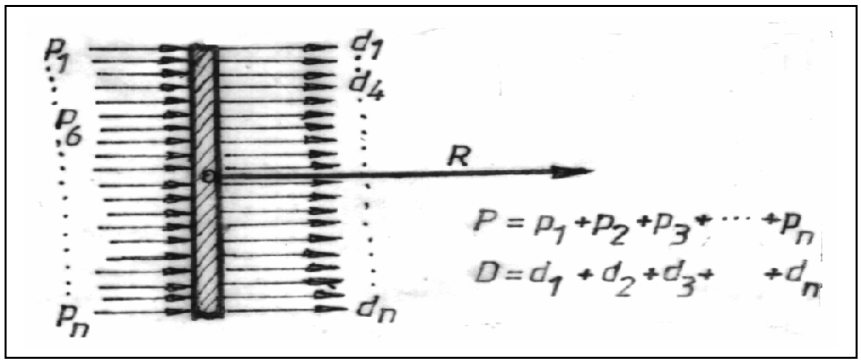


Fig. 6.8. Presiuni şi depresiuni

Presiunea ia naştere datorită ciocnirii moleculelor de aer cu suprafața frontală a corpului.

Depresiunea ia naştere datorită locului gol lăsat în urma sa de corpul în mişcare.

Dacă punem în tunel o placă perpendiculară pe direcția curentului de aer, aceasta va opune masei de aer o rezistență care se numeşte *rezistență de formă* şi se datorează diferenței de presiune din fața şi din spatele corpului (vezi Fig. 6.8.).

Valoarea acesteia depinde de forma corpului.

Dacă aşezăm placa paralel cu direcția curentului, vom observa că apare şi acum o rezistență (măsurată în tunel), numită *rezistență de frecare,* care este determinată de frecarea fileurilor de aer cu suprafața corpului.

Putem afirma deci că rezistența pe care o opune un corp aerului în mişcare este compusă din rezistența de formă şi cea de frecare şi poartă numele de *rezistență de profil*.

Continuând experiențele, prin modificarea, pe rând, a câte unui parametru:
- suprafața corpului;
- viteza fluidului;
- densitatea fluidului,
- forma corpului,

vom observa modul în care variază rezultatul măsurătorii forței rezistente (vezi Fig. 6.9.) şi vom putea trage următoarele concluzii:

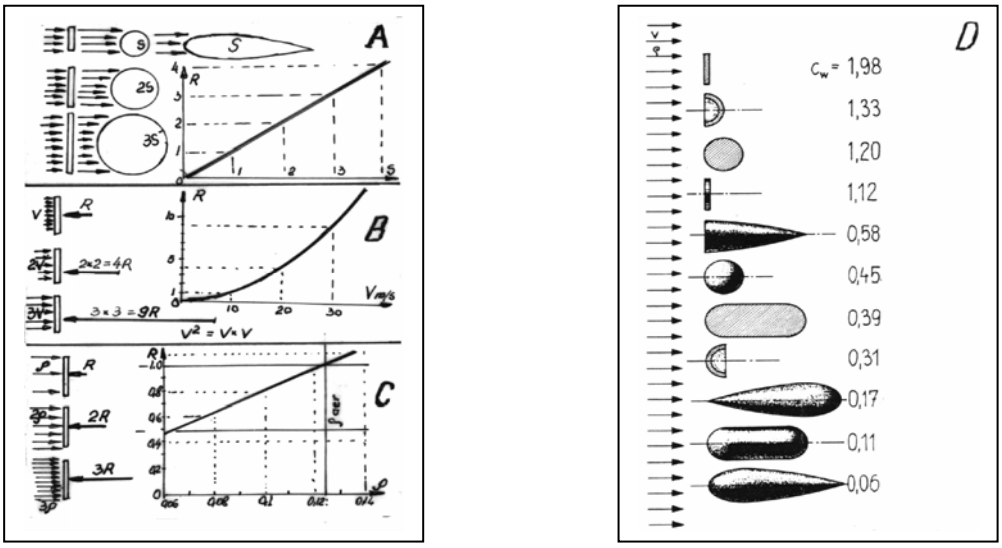


Fig. 6.9. Rezistența la înaintare

- rezistența la înaintare variază liniar cu suprafața ***S*** a corpului (vezi Fig. 6.9.A.);
- rezistența la înaintare variază parabolic cu viteza ***v*** a fluidului (vezi Fig. 6.9.B.);
- rezistența la înaintare variază liniar cu densitatea ρ (vezi Fig. 6.9.C.);
- rezistența la înaintare variază cu forma, starea suprafeței şi poziția corpului față de fileurile de aer, prin intermediul coeficientului adimensional C_x (vezi Fig. 6.9.D.). Astfel mărimea ***R*** a rezistenței aerului poate fi exprimată prin formula:

(A.9) $$R = \frac{1}{2} S v^2 C_x \rho \quad Kgf)$$

unde:
1/2 = coeficient de proporționalitate;
ρ = densitatea aerului în Kgf s^2/m^4;
v = viteza curentului (corpului) în m/s;

S = suprafața frontală (proiecția corpului pe un plan perpendicular pe direcția fileurilor de aer) în m^2 - în cazul corpurilor numite "de rezistență"
S = suprafața portantă (proiecția corpului pe un plan paralel cu direcția fileurilor de aer) în m^2 - în cazul corpurilor numite "portante"(aripi, ampenaje, etc.),
C_x = coeficient adimensional care caracterizează forma, starea suprafeței şi poziția corpului față de fileurile de aer.
Ecuația (A.9) mai poate avea forma:

(A.10) $$R = \frac{\rho v^2}{2} S c ,$$

punând în evidență termenul:

$$\frac{\rho v^2}{2} = \text{presiune dinamica}$$

7. Forța totală aerodinamică, portanța şi rezistenața la înaintare

Forța totală aerodinamică (notată F_t sau F_a), care acționează asupra unui corp ce se deplasează în mediul aerian, reprezintă de fapt *rezistența* pe care o opune aerul în timpul mişcării corpului.

Aşezând în tunelul aerodinamic, placa folosită în experiențele anterioare, înclinat, cu un anumit unghi față de direcția fileurilor de aer, vom observa că apare o forță ce tinde să o deplaseze în sensul mişcării aerului şi în sus.

De asemenea, vom observa formarea unor zone de vârtejuri pe extradosul şi intradosul plăcii (vezi Fig. 7.10.).

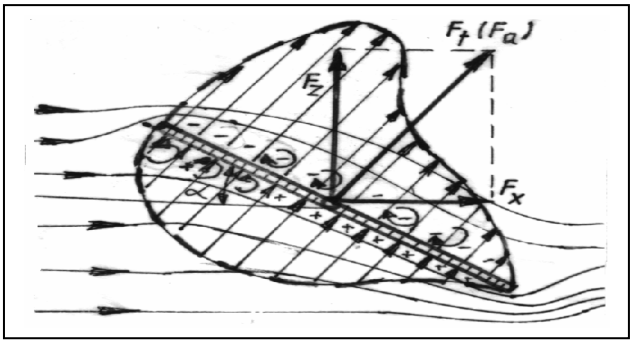


Fig. 7.10. Forțe pe plan înclinat

Din cele arătate până acum, putem trage următoarele concluzii:
a. forța totală aerodinamică ia naştere datorită:
- diferenței de presiune ce apare pe partea inferioară şi cea superioară a corpului, având ca rezultat o forță care tinde să ridice corpul;

- diferenței dintre presiunile ce apar pe partea anterioară şi pe partea posterioară corpului;
- frecării aerului cu suprafața corpului, având ca rezultat, împreună cu diferența de presiune de la punctul anterior, o forță
- care tinde să rotească placa, sau altfel spus să o încline, în sensul mişcării maselor de aer.

b. în mod analog cu rezistența la înaintare, forța totală aerodinamică este dată de relația:

$$F_a = \frac{\rho v^2}{2} S c_a \ (Kgf) \qquad \text{(A.11)}$$

unde:

ρ, v, S au aceeaşi semnificație ca în paragraful precedent (formula A.10), iar C_a este un coeficient adimensional ce depinde de forma, starea suprafeței şi *unghiul de incidență* (vezi A.8.) al corpului numit *coeficientul forței totale aerodinamice.*

Uzual, din motive practice, $\boldsymbol{F_a}$ se descompune după două componente perpendiculare $\boldsymbol{F_x}$ şi $\boldsymbol{F_z}$ vezi Fig. A.7.10.), astfel încât:

$$F_a = \sqrt[2]{F_x^2 + F_z^2}, \ unde: \qquad \text{(A.12)}$$

- F_x = componenta paralelă cu direcția fileurilor de aer, numită *rezistența la înaintare*;
- F_z = componenta perpendiculară pe direcția fileurilor de aer, numită *portanță*.

Expresiile celor 2 componente sunt analoge cu expresia lui $\boldsymbol{F_a}$:

$$F_x = \frac{\rho v^2}{2} S c_x \ (Kgf) \qquad \text{(A.13)}$$

$$F_z = \frac{\rho v^2}{2} S c_z \ (Kgf), \qquad \text{(A.14)}$$

unde ρ, v, S au fost definite, iar:

- C_z = coeficient de portanță, adimensional;
- C_x = coeficient de rezistență la înaintare, adimensional.

Se poate deduce acum, că:

$$C_a = \sqrt{C_x^2 + C_z^2}. \qquad \text{(A.15)}$$

Mai observăm acum, că dacă acoperim zonele de turbulență situate deasupra şi dedesubtul plăcii, din tunelul aerodinamic, cu nişte suprafețe materiale, vom obține un corp de o formă specială al cărui studiu îl prezentăm în capitolul IV 8.

8. Profilul de aripă

Reprezintă o secțiune transversală printr-o aripă şi este un corp optimizat din punct de vedere aerodinamic, în sensul de a dezvolta o forță portantă cât mai mare şi o forță rezistentă la înaintare cât mai mică.

Elementele unui profil sunt următoarele (vezi Fig. 8.11.):

- *coarda profilului* ***c*** este linia ce uneşte cele două puncte extreme de pe profil (AB = *c*);
- *grosimea profilului* ***e*** reprezintă înălțimea maximă a profilului. Grosimea se măsoară perpendicular pe coardă;
- *grosimea relativă* $\boldsymbol{e_m/c}$ este raportul dintre grosimea maximă şi coardă;
- *bordul de atac* (A) este punctul cel mai din față al profilului. *Bordul de atac este punctul (linia) cu care o aripă loveşte în mişcare masele de aer*;
- *bordul de fugă* (B) este punctul cel mai din spate al profilului. Se mai numeşte *bord de scurgere* deoarece este locul prin care masele de aer părăsesc profilul. În aceast punct stratul limită de pe extrados se uneşte cu stratul limită de pe intrados (vezi 31.77.);
- prin *extrados* se înțelege partea superioară a profilului cuprinsă între bordul de atac şi cel de fugă;
- prin *intrados* se înțelege partea inferioară a profilului cuprinsă între bordul de atac şi cel de fugă;
- *linia mediană a profilului* **l** este linia care uneşte bordul de atac cu cel de fugă şi are proprietatea că orice punct al ei este egal depărtat de intrados şi extrados. Această linie se mai numeşte şi *scheletul profilului*.
- *săgeata* sau *curbura maximă a profilului* ***f*** este distanța maximă dintre linia mediană şi coardă;

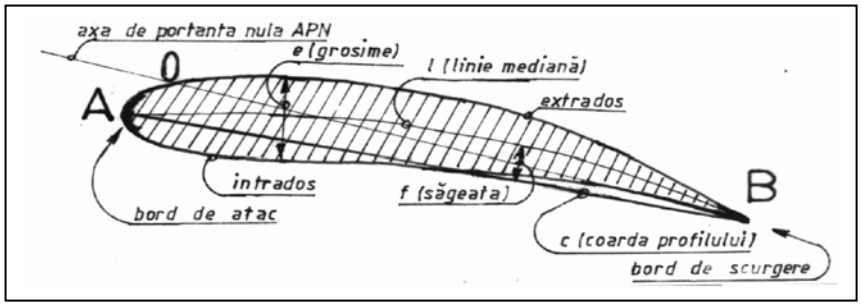


Fig. 8.11. Elementele profilului

- prin *curbura relativă a profilului (săgeată relativă)* **(*f*/*c*)** se înțelege raportul dintre săgeata maximă ***f*** şi coarda profilului ***c***;
- *axa de portanță nulă* (linia OB) reprezintă axa care atunci când este orientată după direcția curentului, pe profil nu apare forță portantă. La profilele asimetrice, axa de portanță nulă face cu coarda profilului un unghi de incidență α_{PN}. La profilele simetrice $\alpha = 0^o$

8.1. Tipuri de profile

Clasificarea profilelor se face după mai multe criterii dintre care cele mai importante sunt:

a. **constructiv**, profilele se împart în 2 categorii:

- profile *clasice* la care grosimea maximă se află la cca. 30% din coarda profilului;

- profile *laminare* la care grosimea maximă se află la cca. 40-70% din coarda profilului.

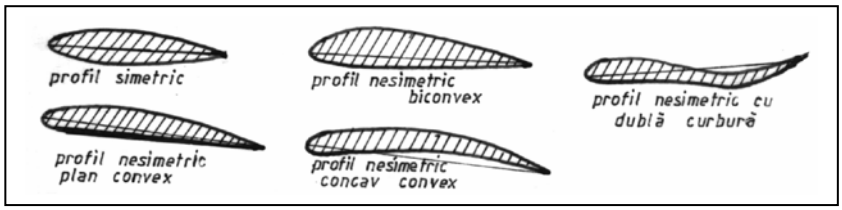


Fig. 8.12. Clasificarea profilelor după curbură

b. după **grosimea relativă**, profilele se împart în:
-profile *subțiri* (grosime mai mică de 8% din coardă);
- profile *mijlocii* (au o grosime între 8% şi 13% din coardă);
- profile *groase* (au o grosime mai mare de 13% din coardă).

c. după **curbură**, profilele se clasifică în (vezi Fig. 8.12.):
- profile *simetrice*;
- profile *nesimetrice*:
  - planconvexe;
  - biconvexe;
  - concav-convexe;
  - cu dublă curbură.

8.2. Unghiul de incidență

Unghiul format de direcția curentului de aer cu coarda profilului se numeşte unghi de incidență (unghi de atac).

Unghiul de incidență poate fi:

- *pozitiv* = unghiul cuprins între coarda profilului şi direcția curentului de aer ce atacă profilul pe intrados;
- *negativ* = unghiul cuprins între coarda profilului şi direcția curentului de aer ce atacă profilul pe extrados;
- *nul* = în cazul când curentul de aer loveşte profilul din față şi mişcarea corespunde, ca direcție, liniei ce reprezintă coarda profilului.

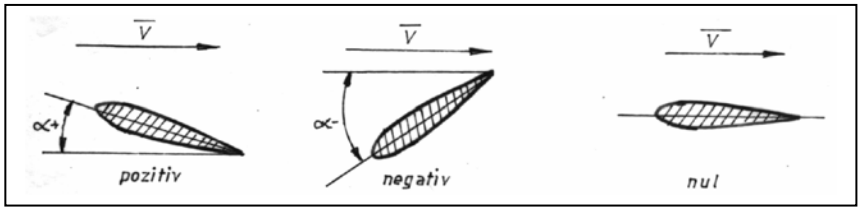


Fig. 8.13. Unghiuri de incidență

9. Aripa

9.1. Clasificarea aripilor după forma în plan

a. aripa dreptunghiulară;

b. aripa dreptunghiulară cu colțuri rotunjite;
c. aripa trapezoidală;
d. aripa trapezoidală cu colțuri rotunjite;
e. aripa eliptică;
f. aripa în săgeată, etc.(vezi Fig. A.9.14).

9.2. Caracteristicile geometrice ale aripii

a. *anvergura aripii* ***L*** reprezintă lungimea aripii de la un capăt la altul. În mod normal la planoare aceasta variază între 10-25 m;

b. *profunzimea aripii* ***c*** reprezintă lățimea aripii într-o anumită secțiune. Distingem:
- profunzimea aripii *în axul fuselajului* $\boldsymbol{c_i}$;
- profunzimea aripii *la capete* $\boldsymbol{c_c}$;
- profunzimea *medie* ***c*** (vezi Fig. 9.15.).

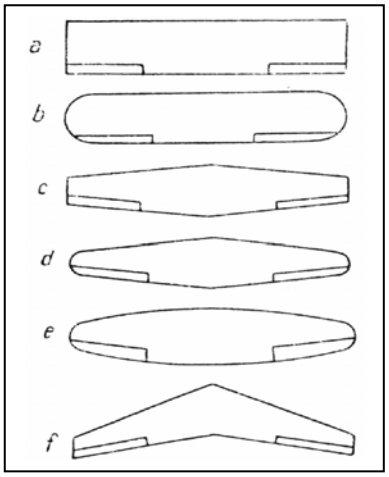


Fig. 9.14. Clasificarea aripilor după forma în plan

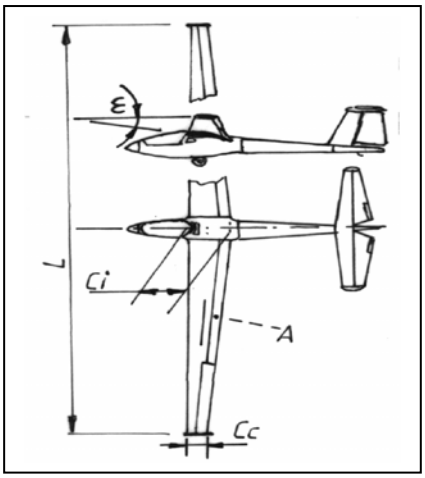


Fig. 9.15. Caracteristice geometrice ale aripii

$$c = \frac{c_i + c_c}{2} \quad sau \; c = \frac{A}{L},$$

unde A este suprafața aripii.

În mod normal, la planoare ***c*** variază între 0.5 şi 2 m.;

- *coarda medie aerodinamică* ***CMA*** reprezintă coarda unei aripi dreptunghiulare echivalente, care are aceeaşi suprafață şi anvergura cu aripa considerată.

c. *suprafața aripii* ***A***; se consideră făcând parte din ***A*** şi porțiunea de fuselaj cuprinsă între cele două planuri. În mod normal la planoare ***A*** variază între 8 şi 25 m^2;

d. *alungirea aripii* λ reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi coarda medie pentru aripile trapezoidale şi dreptunghiulare,

$$\lambda = \frac{L}{c},$$

$$\lambda = \frac{L^2}{A}$$

sau raportul dintre pătratul anvergurii şi suprafaţa pentru o aripă oarecare:
λ este adimensional şi, în mod normal, la planoare, variază între 8 şi 35.

9.3. Unghiurile aripii

a. *Unghiul de calaj al aripii* φ reprezintă unghiul pe care-l face coarda profilului aripii la încastrarea în fuselaj cu axa de simetrie longitudinală a planorului (vezi Fig. 9.16);

b. *Unghiul de incidenţă* φ reprezintă unghiul pe care-l face coarda profilului cu direcţia curentului de aer ce atacă profilul pe intrados (vezi Fig. 9.16);

c. *Unghiul de torsiune al aripii* φ reprezintă unghiul dintre coarda profilului aripii la încastrare şi coarda profilului aripii la capetele sale (vezi Fig. 9.15.).

Această rotire a profilului se face în sensul micşorării incidenţei sale spre bordurile marginale;

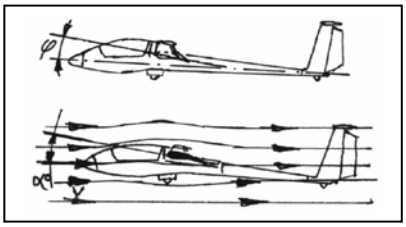


Fig. 9.16. Unghiurile aripii

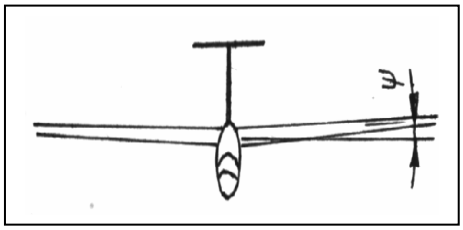


Fig. 9.17. Diedrul aripii

d. *Unghiul diedru al aripii* $\exists$ reprezintă unghiul format de orizontală cu linia mediană a aripii (vezi Fig. 9.17.).

e. *Unghiul de săgeată al aripii* χ reprezintă unghiul format de axa aripii cu axa transversală de simetrie a planorului. Unghiul de săgeată poate fi:
- pozitiv (vezi Fig. 9.18.);
- negativ (vezi Fig. 9.19.);

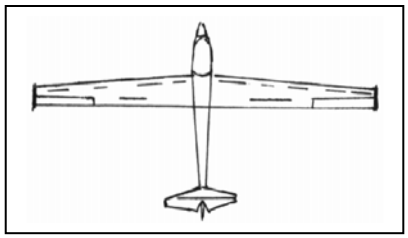


Fig. 9.8. Săgeată pozitivă

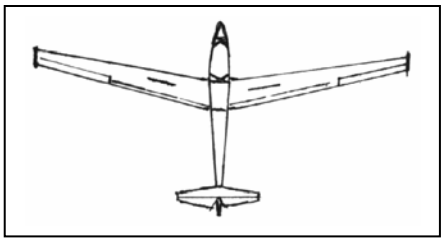


Fig. 9.19. Săgeată negativă

10. Repartiția presiunilor pe profil

În urma experiențelor efectuate în tunelul aerodinamic se observă că, la unghiuri de incidență nule, pe extrados cât şi pe intrados vor exista depresiuni care se vor anula. Neexistând în final forță portantă, asupra profilului va acționa doar forța de rezistență la înaintare (vezi Fig. 10.20.).

În zbor, la unghiuri de incidență mici (pentru planoare, unde vitezele sunt relativ mari), pe extrados şi intrados vor exista depresiuni şi, respectiv, presiuni care vor da, prin însumare, forța portantă, iar pe bordul de atac va acționa o presiune care constituie forța de rezistență la înaintare (vezi Fig. 10.21.).

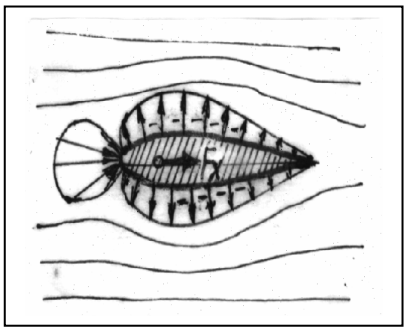


Fig. 10.21

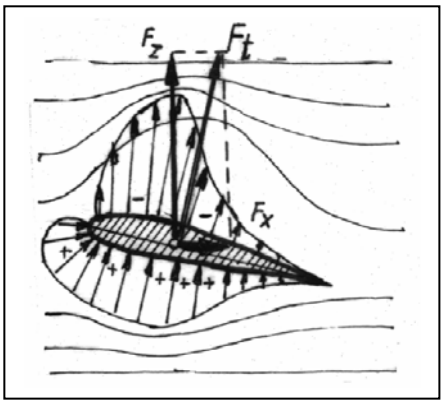


Fig. A.10.22 a

La unghiuri normale de incidență, pozitive, caracterul repartizării presiunilor pe profil este cel arătat în Fig. 10.22.

Observăm, în această situație, creşterea pronunțată a depresiunilor de pe extrados, fapt care duce la o *creştere accentuată a forței portante* F_z

În timpul zborului, la unghiuri de incidență apropiate de cele critice, zona de depresiune va fi deplasată spre bordul de atac, iar pe intrados se observa o creştere a presiunilor. În această zonă forța portantă este apropiată de valoarea maximă (vezi Fig. 10.23.)

După depăşirea unghiului critic, zonele de presiune şi depresiune, se vor însuma, dând o forță de rezistență la înaintare mare şi o portantă mică.

Pe profilele cu dublă curbură repartiția presiunilor şi depresiunilor este deosebită, putând exista pe extrados atât presiuni, cât şi depresiuni (vezi Fig. 10.24.).

Profilele laminare prezintă repartiții de presiuni cu *valori maxime* reduse şi contururi aplatizate în comparație cu celelalte categorii.

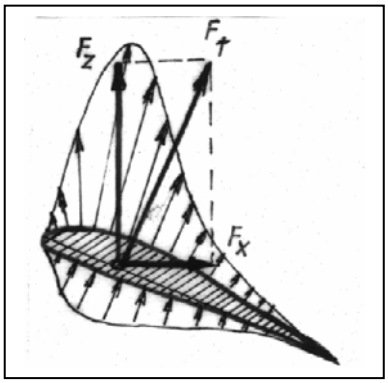


Fig. 10.22 b

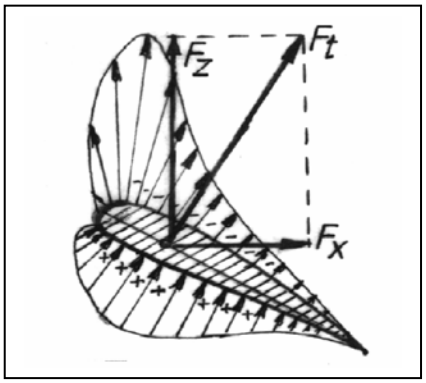


Fig. 10.23

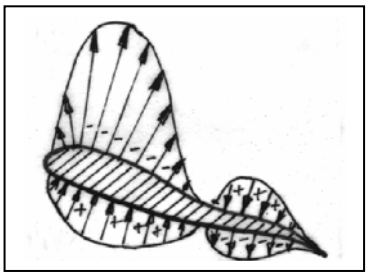


Fig. 10.24. Repartiția presiunilor pe profile cu dublă curbură

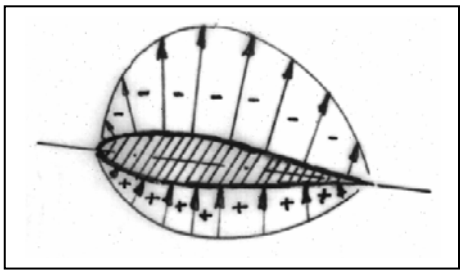


Fig. 10.25. Repartiția presiunilor pe profile laminare

10.1. Forțe şi momente

În timpul zborului, pe profilul aripii iau naştere următoarele forțe deja cunoscute şi momente aerodinamice:

$$F_a = \frac{\rho v^2}{2} S c_a \quad (Kgf)$$

formată din componentele:

$$F_x = \frac{\rho v^2}{2} S c_x \quad (Kgf) \qquad F_z = \frac{\rho v^2}{2} S c_z \quad (Kgf),$$

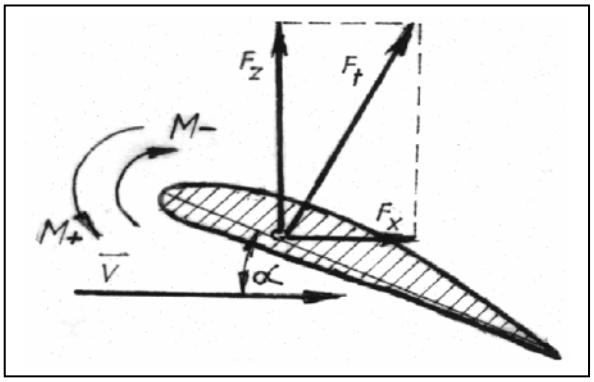


Fig. 10.26. Forțe şi momente pe profil

$F_x^2 + F_z^2 = F_a^2$, rezultă: $F_a = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}$ *si*

M = momentul aripii față de bordul de atac;

(A.16) $M = \frac{\rho v^2}{2} S c c_m \ (Kgf)$ (A.16)

unde:
ρ, *S* şi v au aceeaşi semnificație ca în paragrafele anterioare;
c este coarda profilului în *m*;
C_m este un coeficient de moment (adimensional).

10.2. Centrul de presiune şi variația sa

Toate forțele care iau naştere pe profile se vor însuma într-un punct numit *centru de presiune*, dând naştere unei forțe rezultantă, numită forță aerodinamică totală $\boldsymbol{F_t}$ sau $\boldsymbol{F_a}$.

Centrul de presiune mai poate fi definit ca fiind punctul de intersecție al liniei de acțiune a forței aerodinamice totală, cu coarda profilului.

Să notăm faptul că variația centrului de presiune are o importanță deosebită la calculul de stabilitate al aeronavei, sau la cel legat de structura de rezistență a aripii. Forța aerodinamică totală $\boldsymbol{F_t}$ îşi va schimba punctul de aplicație funcție de unghiul de incidență. Această schimbare a poziției centrului de presiune se datorează faptului că presiunile de pe intrados şi depresiunile de pe extrados îşi vor schimba poziția funcție de unghiul de incidență.

Astfel, se observă că centrul de presiune se apropie de bordul de atac la unghiuri cuprinse între 20^o-15^o, iar la unghiuri cuprinse între 15^o-0^o se depărtează de bordul de atac pentru tipul de profil considerat.

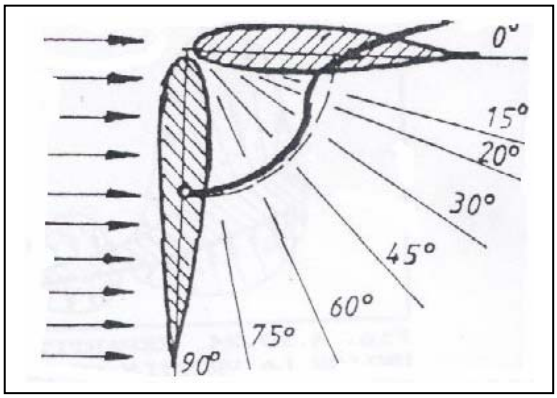


Fig. 10.27. Variația centrului de presiune

11. Rezistența indusă

În cadrul studiilor efectuate în tunelul aerodinamic, datorită condițiilor speciale de experiență, aripile cercetate pot fi considerate de anvergură infintă. În realitate însă, aripile au anvergura finită şi în acest caz, aerul va căuta să-şi echilibreze presiunea de pe intrados şi extrados pe la capătul aripii.. Acest lucru va crea o zonă turbionară care va duce la micşorarea forței portante şi, repectiv la creşterea rezistenței la înaintare.

Dacă studiem aerodinamic acest fenomen, vom vedea că particulele de aer, în curgerea lor, nu mai sunt paralele cu coarda profilului, ele fiind deviate pe extrados spre interior iar pe intrados, spre exterior.

Datorită acestui lucru, diferă viteza de deplasare a maselor de aer de pe intrados față de cele de pe extrados. Această diferență va duce la crearea unei zone turbionare la capătul aripii şi a unei pânze de vitejuri la borul ei de fugă (vezi Fig. 11.28.). Turbioanele sunt cu atât mai mari cu cât şi profunzimea aripii este mai mare.

În concluzie, putem spune că *rezistența indusă este forța care ia naştere pe aripă din tendința de egalizare a presiunilor de pe intrados şi a depresiunilor de pe extrados.*

În Fig. 11.28. putem observa cum, datorită turbulenței generate de tendința de egalizare a presiunilor pe profil, apare o viteză indusă ***w/2*** (ca o medie între viteza indusă în amonte de profil, ***w***=0, şi aval de profil, ***w=w***), care modifică viteza de cugere a aerului cu unghiul indus α_i, de la ***v*** la ***v'***.

Atunci şi F_z față de poziția neperturbată se înclină cu unghiul indus α_i (pentru a rămâne perpendiculară pe *v'*) devenind F_z'(vezi Fig. 11.29.).

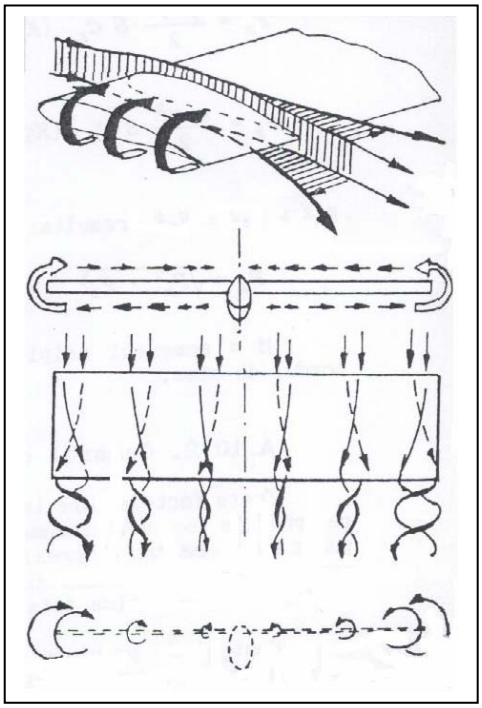


Fig. 11.28. Rezistența indusă

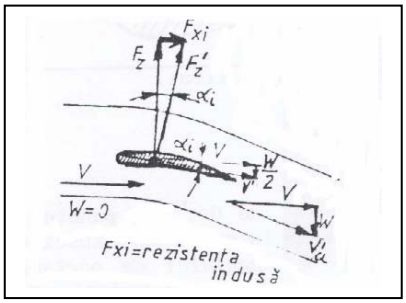


Fig. 11.29

Pentru a putea închide poligonul forțelor, rezultă ca necesară apariția forței F_{xi}, numită *rezistență indusă*, paralelă cu direcția curentului şi opusă sensului mişcării aripii.

Exprimată sub forma clasică:

(A.17)
$$F_{xi} = \frac{\rho v^2}{2} S C_{xi} \quad (Kgf)$$

unde ρ, S, v, au semnificațiile cunocute, iar

(A.18) $$C_{xi} = \delta \frac{C_z^{\,2}}{\pi \lambda}$$

şi este un coeficient adimensional al rezistenței induse;
- δ = coeficient adimensional legat de forma în plan a aripii (pentru aripa eliptică, δ = 1);
- c_z = coeficient de portanță;
- π = factor de proporționalitate (π = 3.1416);
- λ = alungirea aripii.

11.1. Procedee de reducere a rezistenței induse

Din studiul lui C_{xi} rezultă imediat şi procedeele de reducere a rezistenței induse:

a. rezistența indusă va avea o valoare minimă în cazul când portanța va fi repartizată sub forma unei elipse, respectiv vom avea o aripă care are conturul sub formă de elipsă. Totuşi, în practică, acest lucru se realizează greoi şi din acest motiv se folosesc formele geometrice trapezoidale sau parțial trapezoidale, care au coeficienți δ apropiați (vezi Fig. 11.30.);

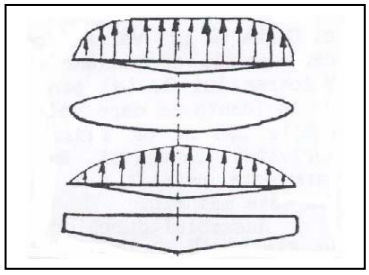


Fig. 11.30.

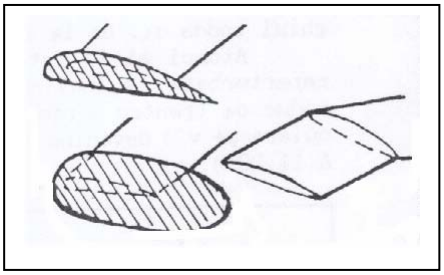


Fig. 11.31

b. termenul λ, găsindu-se la numitorul formulei lui C_{xi}, rezultă că, mărind alungirea aripii, se va micşora rezistența indusă;

c. la mărirea unghiului de incidență, creşte portanța prin C_z, creşte diferența de presiune pe profil şi corespunzător creşte rezistența indusă. Întrucât în planorism se zboară foarte mult în zona vitezelor de înfundare minime (vezi polara planorului), care corespunde zonei de portanță maximă, respectiv şi rezistența indusă mare, se foloseşte în practică metoda de micşorare din construcție a unghiului de incidență spre capătul aripii, procedeu numit *torsionare geometrică*, sau metoda schimbării profilelor aerodinamice spre capătul aripii cu unele mai puțin portante, procedeu numit *torsionare aerodinamică*. Ambele procedee atrag scăderea lui C_z, care este regăsit în numărătorul formulei lui C_{xi}, deci, implicit, reduc rezistența indusă.

d. Întrucât metoda măririi alungirii aripii este limitată din motive de ordin constructiv (structura de rezistență limitată), se foloseşte suplimentar pentru micşorarea rezistenței induse montarea bordurilor marginale la capetele aripii, frângerea în jos a aripii la capăt, etc., în scopul de a împiedica formarea turbioanelor marginale (vezi Fig. 11.31.).

12. Diagrama polară

Una dintre cele mai simple şi uzuale reprezentări grafice a coeficienților aerodinamici, C_x, C_z, C_m este în funcție de unghiul de incidență (vezi Fig. 12.32.).

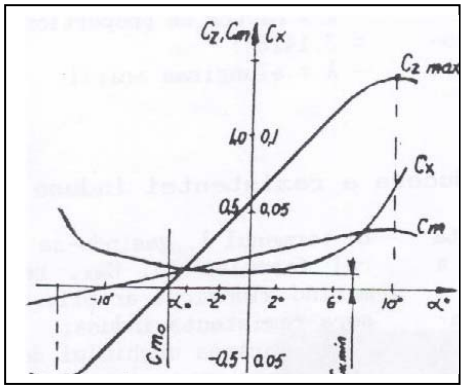


Fig. 12.32. Polara profilului

Studiind cu atenție astfel de curbe polare, putem realiza calitățile aerodinamice ale diferitelor profile:

a. curba $c_z(\alpha)$ variază liniar în zona incidentelor mici pozitive şi negative. La incidențe mari, în apropierea lui α_{critic}, alura curbei se modifică, indicând de obicei valori mai mici decât în cazul variației liniare. Acest lucrul se întâmplă datorită fenomenelor de desprindere a fileurilor de aer de pe profil înainte de angajare.

Punctul în care $c_z(\alpha)$ intersectează ordonata, corespunde coeficientului C_z la un unghi de incidență de 0^o, iar punctul în care $c_z(\alpha)$ intersectează abscisa, corespunde *unghiului de portanță nulă* α_o. Uzual, α_o are valori cuprinse între -2^o şi -6^o.

Pentru un profil simetric, $C_z(\alpha)$ trece prin origine ($\alpha = 0$, rezultă $C_z = 0$) față de care va fi simetrică, spre deosebire de un profil asimetric unde $C_{z\,min+}$ este mai mare ca $C_{z\,min-}$.

b. Curba $C_x(\alpha)$ prezintă o variație aproximativ parabolică iar în zona incidențelor mici uneori poate fi considerată liniară. Punctul de intersecție al curbei cu axa ordonatelor corespunde valorii coeficientului C_x pentru incidența nulă. Pentru profilul simetric axa ordonatelor este axa de simetrie.

Având în vedere faptul că în zona incidențelor uzuale C_z este de 10-20 ori mai mare decât C_x, se obişnuieşte ca scara pentru coeficientul de rezistență să fie de 10 ori mai mare decât cea pentru coeficientul de portanță.

c. Curba $C_m(\alpha)$ variază pentru fiecare profil asemănător cu $c_z(\alpha)$. Valoarea lui $C_m(\alpha)$ pentru unghiul de incidență la care valoarea C_z=0, numită C_{mo} ne dă indicații asupra variației centrului de presiune, care este cu atât mai mică cu cât C_{mo} este mai mic.

Ansamblul curbelor prezentate în Fig. 12.32. poartă numele de *polară dezvoltată* şi stă la baza calculelor aerodinamice ale suprafețelor portante.

Toate informațiile necesare trasării curbei polare dezvoltate se obțin în tunelul aerodinamic, unde se introduce profilul de studiat şi cu ajutorul balanțelor aerodinamice se determină valorile coeficienților de moment, portanța şi rezistența la înaintare (C_m, C_z, C_x). Datele obținute sunt

prelucrate şi trecute într-un tabel din care putem extrage pentru fiecare unghi de incidență α, valorile perechi de C_m, C_z, C_x, care apoi sunt trecute pe diagramă (α pe abscisă şi C_m, C_z, C_x, pe ordonată).

α	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	8	12
C_z	8	18	28	38	47	55	62	70	80	90	100	110	130	136
C_x	16	14	12	10	9	10	11	13	15	18	21	25	38	100
C_m	12	15	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	48	46

Cu ajutorul aceluiaşi tabel se mai poate construi un alt set de două curbe, numit, *diagramă polară*, care constă tot dintr-un sistem de axe ortogonale cu C_x, C_m în abscisă şi C_z în ordonată, reprezentând variația lui C_z funcție de C_x şi C_m funcție de C_z (vezi Fig. A.12.34.).

La un studiu mai amănunțit al diagramei polare putem remarca următoarele:

- la intersecția axei absciselor cu C_z (C_x) se află punctul **1** corespunzător situației în care fileurile de aer atacă profilul aripii de-a lungul axei de portanță nulă **APN**, deci, forța portantă dezvoltată de aripă este nulă;
- punctul **2** de tangență la curba C_z (C_x) a perpendicularei pe axa absciselor ne dă valoarea lui $C_{x\,min}$;

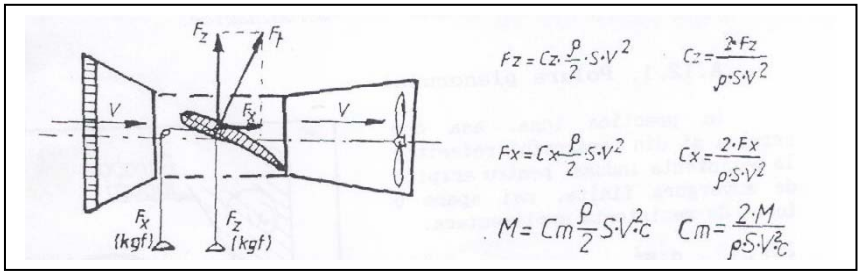


Fig. 12.33. Determinarea valorilor coeficienților aerodinamici

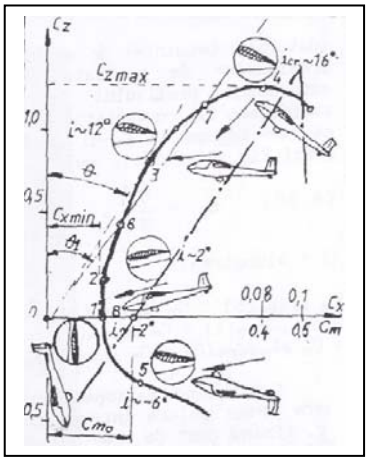


Fig. 12.34. Curba polară

- ducând din originea "**O**" a sistemului de coordonate o tangentă la curba $C_z(C_x)$, obținem punctul **3**, corespunzător unghiului θ **minim** şi deci raportului C_z/C_x = km_{axim}, raport care după cum vom vedea în capitolele următoare, poartă numele de *finețe aerodinamică*;
- punctul **4** este punctul de tangență la $C_z(C_x)$ a perpendicularei pe axa ordonatelor şi ne dă valoarea lui $C_{z\,maxim}$;
- punctul **5** corespunde zborului pe spate cu incidențe pronunțat negative;
- ducând un segment de dreaptă din originea sitemului de coordonate care intersectează $C_z(C_x)$ în punctele 6 şi 7, obținem două situații în care planorul evoluează cu aceeaşi finețe caracterizată de unghiul θ_1;
- punctul **8** de intersecție cu axa absciselor al curbei $C_m(C_z)$ corespunde coeficientului de moment la portanță nulă.

Trebuie specificat însă faptul că toate aceste determinări efectuate în tunelul aerodinamic, din motive de simplitate, s-au referit la aripi de anvergură infinită (porțiuni de aripă delimitată de pereți la bordurile marginale, a căror comportare aerodinamică este similară aripilor cu anvergură infinită), pentru care $C_x = C_{x\,profil} = C_{x\,forma} + C_{x\,frecare}$.

Rezultă deci, că din curbele diagramei se pot deduce cu uşurință toate caracteristicile profilelor aerodinamice.

12.1. Polara planorului

În practică însă, aşa cum rezultă şi din paragraful referitor la rezistența indusă, pentru aripile de anvergură finită, mai apare o forță de rezistență suplimentară:

$$F_{xi} = \frac{\rho v^2}{2} S C_{xi} \quad (Kgf), \qquad \text{(A.19)}$$

(datorită tendinței de egalizare a presiunilor de pe intradosul şi extradosul profilului) al cărei coeficient C_{xi} cu variație parabolică, se adaugă la C_x-ul profilului (vezi Fig. 12.35.), unde:

$$C_{xi} = \frac{C_z^2}{\pi\lambda}$$, (λ = alungirea) (A.20)

$C_{x\ aripa}(5) = C_{x\ profil}(4)$ + + $C_{x\ indus}(1) = C_{x\ forma}(2)$ + + $C_{x\ frecare}(3) + C_{x\ indus}(1)$.

Continuând raționamentul, se poate trasa polara întregului planor, ținând cont de următoarele:

- pe lângă aripă (elementul principal în crearea forței portante), orice planor mai are o serie de alte elemente, cum ar fi fuselajul, ampenajul vertical, trenul de aterizare, etc, care dau naştere numai rezistențelor numite *rezistențe pasive*:

$$F_{x\ pasiv} = \frac{\rho\ v^2}{2}\ a\ C_{x\ pasiv}$$, (A.21)

în Kgf, pentru fiecare element în parte, unde:
- *S*, *v,* au aceeaşi semnificație ca în paragrafele anterioare;
- *a,* este suprafața frontală a elementului considerat;
- $C_{x\ pasiv}$ este coeficientul rezistenței pasive.

Făcând operații matematice simple, putem defini un coeficient al rezistenței pasive total, rapotat la aripa planorului $\boldsymbol{C_{x\ pasiv}}$;

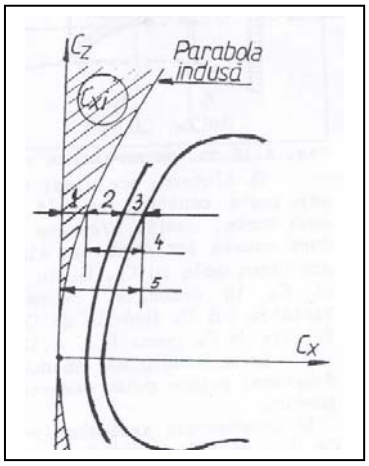


Fig. 12.35. Polara aripii

- s-a mai constatat că diferitele organe ale unui planor interacționează reciproc din punct de vedere aerodinamic, dând naştere la o aşa numită *rezistență de interferență* al cărei coeficient este $\boldsymbol{C_{x\ interferenta}}$.

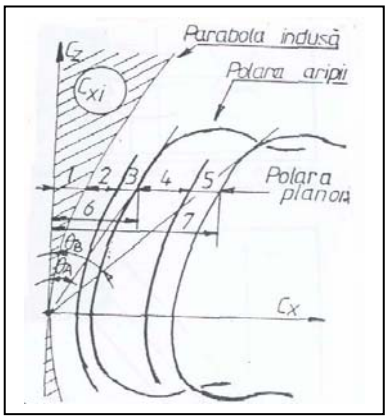


Fig. 12.37. Cz (α şi curbura)

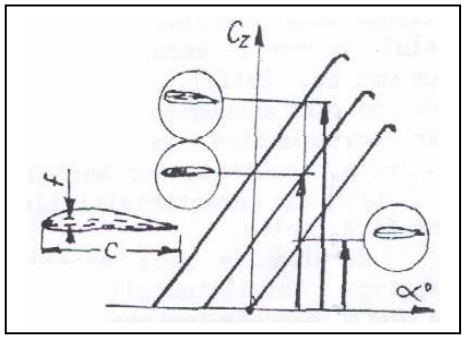


Fig. 12.36. Polara planorului

Ca ordin de mărime, rezistența de interferență reprezintă de obicei 10-20% din rezistența pasivă;

- valoarea lui $C_{z\ maxim}$ a planorului este foarte apropiată de $C_{z\ maxim}$ a aripii (vezi Fig. 12.36.)

$C_{x\ planor}(7) = C_{x\ aripa}(6) + C_{x\ pasiv}(4) + C_{x\ inerferenta}(5) =$
$= C_{x\ indus}(1) + C_{x\ forma}(2) + C_{x\ frecare}(3) + C_{x\ pasiv}(4) + C_{x\ inerferenta}(5).$

Demnă de remarcat este *scăderea* considerabilă a *fineței* aerodinamice în cazul *planorului* în ansamblu *față de finețea* principalului său element portant, *aripa.*

12.2. Variația coeficienților aerodinamici

Performanțele unui planor depind esențial de caracteristicile aerodinamice ale profilului aripii.
La rândul lor, aceste caracteristici ale profilului sunt determinate de particularitățile lui geometrice, starea suprafeței aripii sau felul curgerii în stratul limită:
a. studiul variației coeficienților C_m, C_z, C_x, în funcție de unghiul de incidență a fost prezentat în paragraful anterior (Fig. 12.32.);
b. variația coeficienților C_m, C_z, C_x, în funcție de curbura profilului este redată în Fig. 12.37., A.12.38. şi A.12.39.. Se observă că, cu cât creşte curbura profilului:

- creşte C_z,C_x şi C_m;
- descreşte unghiul de incidență critică;
- variația centrului de presiune va fi mai mare.

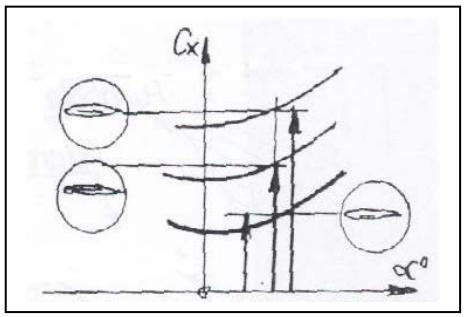


Fig. 12.38. Cx (α şi curbura profilului)

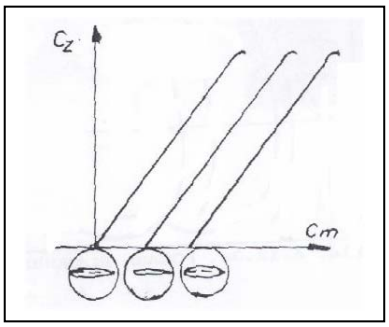


Fig. 12.39. Cm (curbura profilului)

c. variația coeficientului C_z şi C_x în funcție de grosimea relativă a profilului este prezentat în Fig. 12.40. şi 12.41.

Dacă coeficientul de rezistență creşte odată cu grosimea profilului, $C_{z\ maxim}$ este cel mai mare la profilele cu grosime relativă mijlocie, iar unghiul de incidență critică prezintă o uşoară creştere;

d. variația coeficientului de portanță funcție de numărul lui Reynolds este prezentată în Fig. 12.42. Cu cât creşte ***Re***, creşte C_{zmaxim} şi α_{critic}.

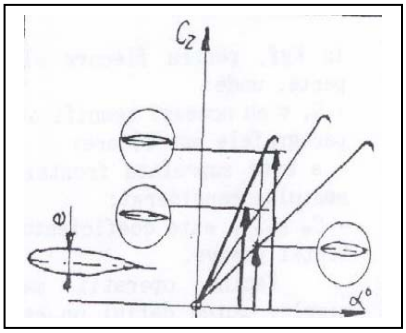


Fig. 12.40. Cz (α, θ relativ)

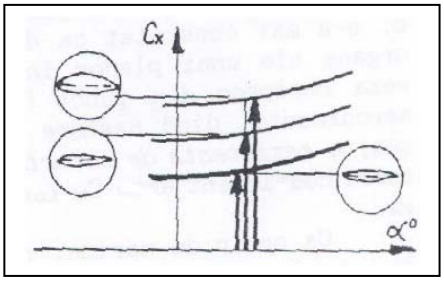


Fig. 12.41. Cx (α şi e relativ)

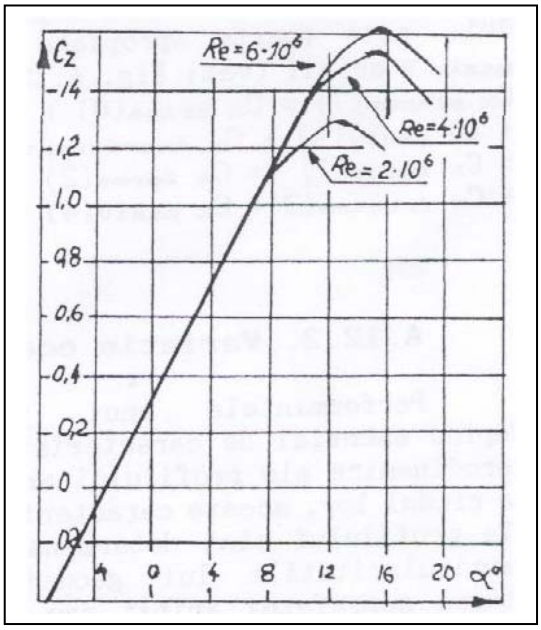


Fig. 12.42. Cz (nr. Re)

De menționat faptul că *Re* este parametrul care ține cont de efectul vâscozității aerului, determinând felul curgerii aerului în jurul corpurilor. Astfel, în situația a două corpuri asemănătoare geometric, dar corespunzând unor numere *Re* diferite, spectrele lor aerodinamice, deci şi caracterisiticile lor vor fi diferite.

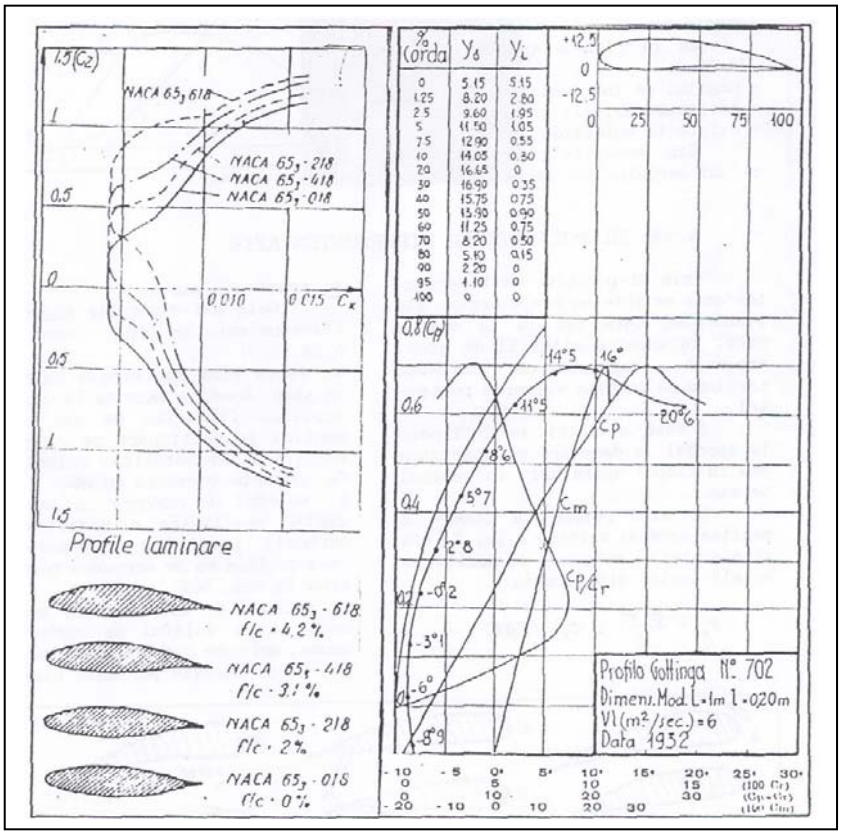


Fig. 12.43. Exemple de polare

Rezultă de aici necesitatea existenței similitudinii numerelor ***Re*** pentru macheta testată în tunelul aerodinamic şi planorul real; în caz contrar facându-se corectarea de rigoare a coeficienților determinați.

Numărul Re se poate determina cu o bună aproximație cu formula:

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{v l}{\nu} \approx 71 v l, \qquad \text{(A.22)}$$

unde: - *v* = viteza în m/s;

- *l* = o lungime caracteristică (coarda aripii sau lungimea fuselajului) în mm.

Exemplu:

Nr *Re* pentru un planor ce se deplasează cu 108 km/h (30 m/s) şi are CMA a aripii de 0.75 m (750 mm) este:

Re = 71 30 750 = 1.597.500.

Pentru planoarele moderne, *Re* variază în intervalul 500.000- 3.500.000.

e. coeficienții aerodinamici variază uneori semnificativ în funcție de familia din care fac parte profilele respective.

Spre exemplificare prezentăm caracteristicile câtorva profile extrase din cataloage de specialitate.

13. Repartiția portanței în profunzime şi anvergură

Este dată de repartiția rezultantei presiunilor de-a lungul corzii profilului şi anvergurii aripii.

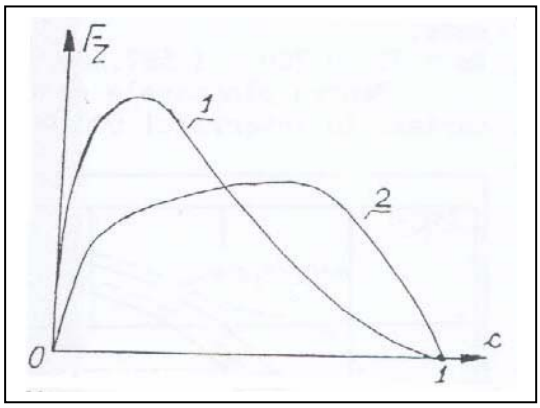


Fig. 13.44.

Repartiția portanței în profunzime este prezentată în Fig. 13.44., comparativ pentru un profil clasic (**1**) şi unul laminar (**2**), în domeniul incidențelor mici caracteristice zborului planat.

Repartiția portanței în anvergură, din cauza pierderilor marginale (fenomen studiat în paragraful A.11.), are mai mult sau mai puțin aspectul unei jumătăți de elipsă funcție de:
- forma în plan a aripii (Fig. 11.30.);
- unghiul de incidență;
- torsiunea aripii;
- existența voleților.

Din necesități practice de calcul aerodinamic, repartiția portanței în profunzime şi anvergură este aproximată cu un contur din linii drepte, conform regulamentelor de calcul ale planoarelor.

14. Dispozitive de hipersustentație

Prin dispozitive de hipersustentație se înțeleg acele organe ale planorului care fac ca la viteze mici, în anumite situații de zbor, anormale, (unghiuri de incidență mari) să se mențină valoarea portanței.

Aceste situații se întâlnesc în special la decolare şi aterizare sau în timpul spiralării în căminul termic.

De aici reiese că pentru a menține aceeaşi valoare a lui F_z (la viteze mici), va trebui să modificăm un alt factor din formula:

$$F_z = \frac{\rho v^2}{2} S c_z \quad (Kgf)$$

şi anume: C_z sau S.

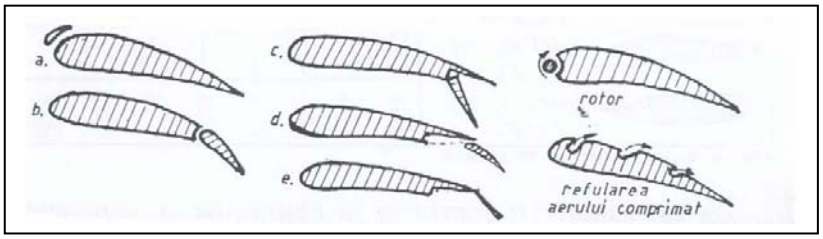


Fig. 14.45. Sisteme de hipersustentație

Cele mai cunoscute sisteme de hipersustentație sunt (vezi Fig. 14.45.):

a. *fanta fixă sau mobilă* la bordul de atac. Aceasta face ca la unghiuri $\alpha_{critice}$ fileurile de aer să se mențină în continuare pe extrados, rezultând îmbunătățirea valorii lui C_z. Măreşte portanța cu 35%;

b. *voletul de curbură cu sau fără fantă*, realizează o modificare a curburii profilelor (o măreşte), ceea ce face să se mărească portanța până la cca. 50%;

c. *voletul de intrados* are acelaşi scop ca şi voletul de curbură şi anume, măreşte curbura profilului pe intrados. Măreşte portanța până la cca. 70%;

d. *voletul Fowler* are rolul de a mări suprafața şi curbura aripii, fapt care detemină o creştere a forței portante cu până la 140%;

e. *voletul Zapp* este asemănător cu Voletul Fowler, adică măreşte suprafața aripii şi modifică curbura profilului prin rotirea cu aproape 180^o a unei porțiuni de pe intrados, rezultând creşterea portanței cu până la 80%.

Pentru a înțelege mai bine funcționarea dispozitivelor de hipersustentație, care la planoare, prin mărirea suprafeței aripii sau a curburii profilului (vezi paragraful 12.2.), asigură forța portantă necesară zborului, prezentăm în Fig. 14.46., modificarea polarei aripii sub influența voleților de cubură.

Trebuie avut în vedere faptul că toate aceste modificări ale lui C_z se vor face în anumite limite de viteze. Acestea se găsesc în notița tehnică a planorului şi toți piloții trebuie să le cunoască şi să le aplice pentru a evita depăşirea lui α_{critic} în zbor.

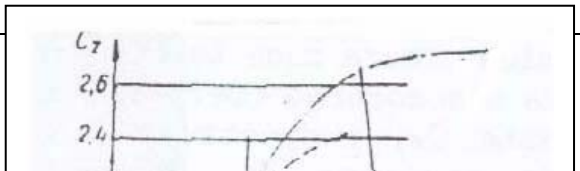


Fig..14.46.

15. Frânele aerodinamice

O caracteristică a planoarelor moderne este *finețea aerodinamică* care ştim că este raportul dintre F_z şi F_x.

În construcția de planoare se tinde ca acest raport să fie cât mai mare, ceea ce în practică se traduce printr-un unghi de pantă cât mai mic.

Această calitate a planoarelor este indispensabilă în cadrul construcțiilor moderne pentru a se putea parcurge de la o anumită înălțime o distanță cât mai mare. Totuşi, datorită faptului că C_x este mic au apărut două aspecte negative şi anume:

- planorul poate căpăta în zborul în picaj o viteză care poate pune în pericol rezistența mecanică a părților componente;
- planorul are unghi de pantă mic, ceea ce face ca în cazul aprecierii prizei de aterizare (mai ales când terenul de aterizare este înconjurat de obstacole înalte), aceasta să nu se poată face corect, necesitând un teren foarte degajat şi lung.

Pentru a elimina aceste neajunsuri s-a recurs la dotarea, din construcție, a planoarelor cu frâne aerodinamice care au ca scop:

- planorul să nu depăşească viteza maximă în picaj cu frânele scoase,
- să poată fi scurtată şi corectată priza de aterizare.

Cu alte cuvinte se poate spune că frânele aerodinamice au rolul de a înrăutăți calitățile aerodinamice ale planorului.

Practic, aceste frâne aerodinamice nu sunt altceva decât nişte suprafețe ortogonale, care la comanda pilotului sunt scoase din aripă şi au ca efect creşterea coeficientului de rezistență la înaintare, C_x.

În acest mod, pentru primul caz, se obține o creştere a rezistenței la înaintare, fapt ce va face ca viteza să se oprescă la o valoare inferioară celei maxime.

În acelaşi timp, frânele aerodinamice crează zone turbionare care duc la micşorarea coeficientului de portanță C_z, respectiv micşoararea forței portante F_z. Pentru a se readuce forța portantă la valoarea ei inițială, se modifică unghiul de incidență α fapt care duce la mărirea unghiului de pantă.

Datorită posibilității de a manevra frâna aerodinamică, valoarea coeficentului C_z este variabilă, având posibilitatea de a obține un unghi de pantă variabil funcție de necesități.

Practic, în construcția de planoare se folosesc două tipuri de frâne: DFS şi Hutter (vezi Fig. 15.47).

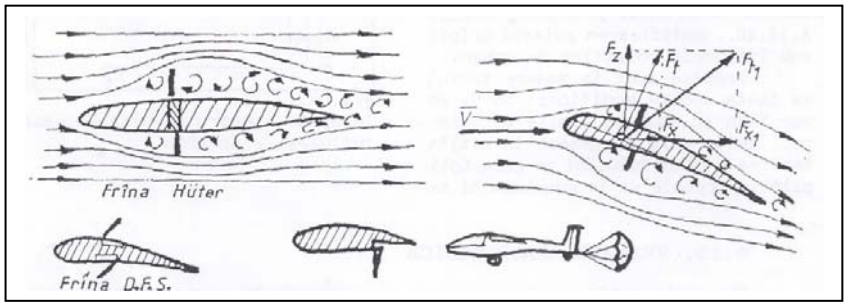


Fig. 15.47. Frâne aerodinamice

Notațiile folosite în figură sunt următoarele:
- F_x = rezistența la înaintare fără frână scoasă;
- F_{x1} = rezistența la înaintare cu frână scoasă;
- F_t = forța aerodinamică totală fără frână scoasă;
- F_{t1} = forța aerodinamică totală cu frână scoasă;
- C_z/C_x cu frâna scoasă este mai mic ca C_z/C_x fără frâna scoasă.

16. Forțe care acționează asupra planorului în zbor planat

Zborul planat al planorului este un zbor cu o pierdere permanentă de înălțime. Din acest motiv, zborul planorului poate fi considerat asemănător cu alunecarea unui corp mobil pe un plan înclinat (vezi Fig. 16.48.). Acest lucru se datorează faptului că pentru a asigura viteza necesară zborului, planorul se pune pe o pantă de coborâre astfel încât o componentă a greutății G_2 să constituie forța de tracțiune necesară, anulând rezistența la înaintare.

Pentru ca zborul să se execute uniform (viteza să fie constantă, trebuie ca unghiul de pantă sau unghiul de planare ***q***, să fie constant fapt care duce la următorul echilibru de forțe:

Pe de altă parte, unghiul ***j*** = ***q*** ca unghiuri cu laturile perpendiculare,

$$G_1 = F_z \quad F_z = \frac{\rho}{2} v^2 S C_z \quad G_1 = \cos\varphi \frac{\rho}{2} v^2 S C_z = G\cos\varphi$$

$$G_2 = F_x \quad F_x = \frac{\rho}{2} v^2 S C_x \quad G_2 = \sin\varphi \frac{\rho}{2} v^2 S C_x = G\sin\varphi$$

$$\tan\varphi = \frac{F_{x\,tot}}{F_{z\,tot}} = \frac{\frac{\rho}{2} S v^2 C_{x\,tot}}{\frac{\rho}{2} S v^2 C_{z\,tot}} = \frac{C_{x\,tot}}{C_{z\,tot}} = \frac{1}{K}, \text{ unde}$$

K *este finețin planorului*

dar în triunghiul ABC:

$$\tan\theta = \frac{BC}{AB} = \frac{H}{S}$$

unde:
- *H* = înălțimea la care începe planarea;
- *S* = distanța parcursă la sol în timpul planării,

iar în triunghiul vitezelor:

$$tan\ \theta = \frac{w}{v_s} \approx \frac{w}{v},$$

(deoarece ***q*** este mic *v* » v_s)
unde:
- *w* = viteza ce coborâre citită de pilot la variometru;
- *v* = viteza citită de pilot la vitezometru şi transformată în m/s, considerându-se vântul nul.

În concluzie, putem scrie sub forma unui şir de rapoarte egale, următoarele:

$$tan\ \varphi = \frac{F_{x\,tot}}{F_{z\,tot}} = \frac{C_x}{C_z} = \frac{1}{K} = \frac{H}{S} = \frac{w}{v} = tan\ \theta$$

$$F_z = G_1 \frac{\rho v^2}{2} S Cz = G v cos\ \theta = \sqrt{\frac{G}{S} \frac{2}{\rho} \frac{cos\ \theta}{Cz}},$$

Din această relație se vede că *finețea planorului* (unghiul de planare) nu depinde decât de caracteristicile aerodinamice al planorului, deci de polara acestuia.

Să călculăm acum viteza de planare:
dar ținând cont de faptul că planoarele moderne au fineți ridicate (25-50), unghiul ***q*** va fi ma mic de 2^o şi deci cu o aproximație foarte bună, putem considera *cos* ***q*** = 1.

În aceste condiții:

$$V = \sqrt{\frac{G}{S}\ \frac{2}{r}\ \frac{1}{C_z}},$$

de unde rezultă că în situația când, în cadrul zborurilor de performanță, se urmăreşte să se obțină o finețe maximă cu o viteză de deplasare cât mai mare, se va căuta să se modifice greutatea planorului.

Acest lucru este posibil prin luarea de *balast* de apă în planor. În felul acesta vom mări greutatea planorului şi respectiv la aceeaşi pantă se va mări viteza de zbor, deci vom parcurge aceeaşi distanță într-un timp mai mic. Totodată, studiind relația:

$$w_{cob} = \frac{1}{3,6}\ \frac{V}{K},\ (m/s)$$

observăm că mărind viteza de zbor (datorită balastului), se va mări şi viteza descendentă.

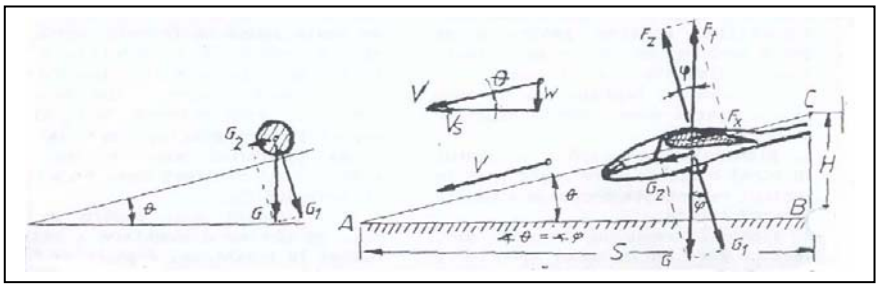


Fig. 16.48. Echilibrul forțelor în zborul planat

Balastul de apă poate fi luat numai de planoarele care au din construcție montate în aripi sau în fuselaj rezervoare de apă. Aceste rezervoare sunt construite cu posibilitatea de a putea fi golite de către pilot în zbor în cazul când situația meteo este slabă, sau când execută aterizarea.

17. Forțele care acționează asupra planorului în viraj

Virajul este o schimbare de direcție în plan orizontal, pe o traiectorie curbă.

Din punct de vedere al execuției virajele pot fi:

- corecte;
- derapate (aruncate);
- glisate (alunecate).

Virajul corect (vezi Fig. 17.49), este virajul în care avem următorul echilibru de forțe:

$F_{zv} = F_r$, sau, pe componente:

$F_{zo} = G$
$F_{cf} = F_{cp}$, unde:
F_{zo} = forța portantă în zbor orizontal;
F_{zv} = forța portantă în viraj;
F_{cf} = forța centrifugă;
F_{cp} = forța centripetă.
F_r = rezultanta între G şi F_{cf} .

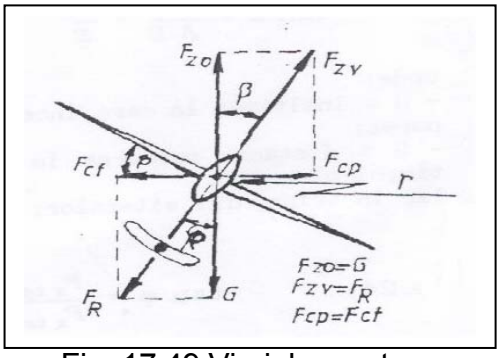


Fig. 17.49 Virajul corect

$$F_{cf} = \frac{G}{g}\frac{v^2}{r};$$

$$dar: \frac{G}{g} = m, \text{ de unde rezulta}$$

$$ca: F_{cf} = \frac{m\,v^2}{r}, \text{ unde:}$$

r este raza de viraj.

Deci putem spune că forța centrifugă este direct proporțională cu greutatea aeronavei, cu pătratul vitezei şi invers proporțională cu raza de viraj.

Să calculăm care este forța portantă necesară şi viteza planorului în virajul corect:

$$F_{zv} = \frac{\rho\, v_v^2}{2} S\, C_{zv}$$

$$F_r = \frac{G}{\cos\beta} \quad dar\ F_{zv} = F_r, \quad F_{zv} = F_r = \frac{G}{\cos\beta}\ (1)$$

$$-\frac{\rho\, v_v 2}{2} S\, C_{zv} = \frac{G}{\cos\beta}\ (2)$$

(1) = Forța portantă necesară virajului corect:

(2) = viteza necesară virajului corect:

$$v_v = \sqrt{\frac{G}{S}\ \frac{2}{\rho}\ \frac{1}{C_{zv}}\ \frac{1}{\cos\beta}},\ iar$$

$$v_o = \sqrt{\frac{G}{S}\ \frac{2}{\rho}\ \frac{1}{C_{zo}}},$$

deci:

$$v_v = v_o \sqrt{\frac{1}{\cos\beta}}$$

Făcând referirea la viteza limită v_{LV} în viraj, față de viteza limită în zbor orizontal, v_{LO}:

$$v_{LV} = v_{LO} \sqrt{\frac{1}{\cos\beta}}$$

Rezultă că viteza limită în viraj se măreşte față de viteza limită în zbor orizontal, pe măsură ce se măreşte unghiul de înclinare, β, în viraj. Din acest motiv în timpul zborului în viraj, trebuie să fim atenți la simptomele de angajare care vor fi date de planor înainte de a atinge viteza limită de zbor orizontal (cea dată în notița tehnică a aeronavei).

Raza necesară efectuării virajului corect poate fi dedusă astfel:

$$F_{cf} = F_{cp} \quad F_{cf} = \frac{G}{g}\ \frac{v^2}{r}$$

$$F_{cp} = F_{zv} \sin\alpha = \frac{G}{\beta} \sin\alpha = G \tan\alpha$$

$$\frac{G}{g}\ \frac{v^2}{r} = G \tan\alpha \_ r = \frac{v^2}{g \tan\alpha}$$

g = 9.81 m/s^2 şi este accelerația gravitațională

În realitate în zbor se întâlnesc şi situații când virajul nu este executat corect şi deci vom avea viraje derapate sau glisate (vezi Fig. 17.51. şi 17.52.).

În virajul derapat, planorul excută un viraj cu o rază mai mare decât raza inițială (aruncat).

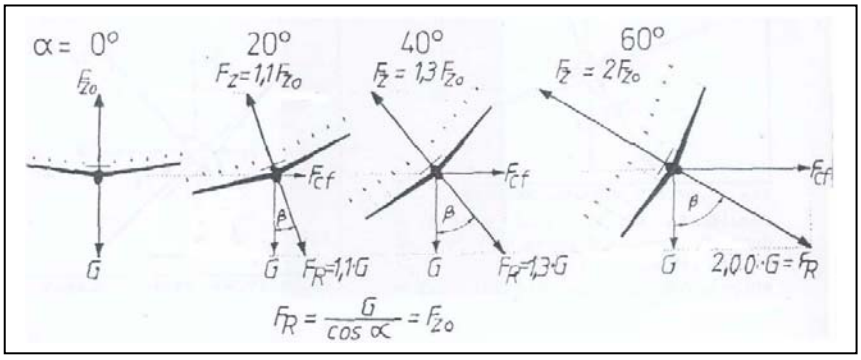


Fig. 17.50. Forțele în virajul corect cu diferite înclinări

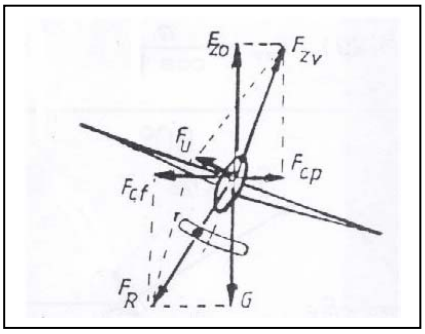


Fig. 17.51. Virajul derapat

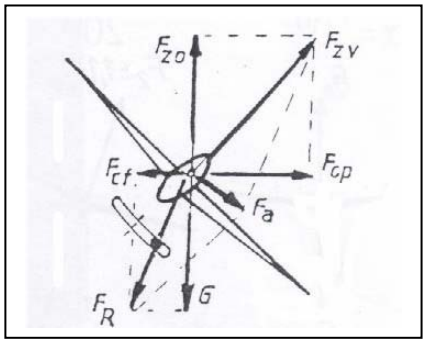


Fig. 17.52. Virajul glisat

Dacă analizăm graficul forțelor, vedem că F_{ZV} şi F_R, nu sunt pe aceeaşi direcție. Din acest motiv, prin compunerea lor vom obține o rezultantă F_u în cazul virajului derapat, care va deplasa aeronava de pe direcție, făcând-o să urce pe aripă), sau, în cazul virajului alunecat, o forță, F_a care va deplasa aeronava în sensul alunecării pe aripă.

18. Forțele care acționează asupra planorului în remorcaj de avion

În această situație avem echilibrul de forțe după cum urmează:

$G = F_z$ şi

$T = F_x$, unde **T** este tracțiunea avionului remorcher.

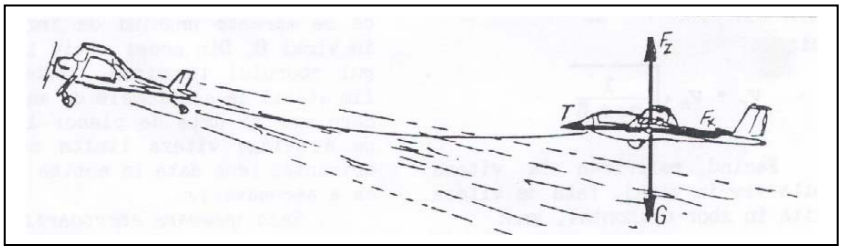


Fig. A.18.53. Forțele în remorcajul de avion

În cadrul acestei metode de remorcaj, avionul asigură tracțiunea necesară dezvoltării vitezei care va crea portanța necesară menținerii în zbor a planorului.

19. Forțe care acționează asupra planorului în remorcaj de automosor

În cadrul acestei metode de remorcaj se întâlnesc practic 2 situații:

- remorcaj cu declanşatorul de bot;
- remorcaj cu declanşatorul în centrul de greutate (de burtă sau bilateral).

a. În situația *remorcajului cu declanşator de bot* (vezi Fig. 19.54.), apare şi un moment de rotire datorat componentei verticale a tracțiunii. Acest moment este anulat de un altul, creat de profundor (prin bracarea acestuia de către pilot).

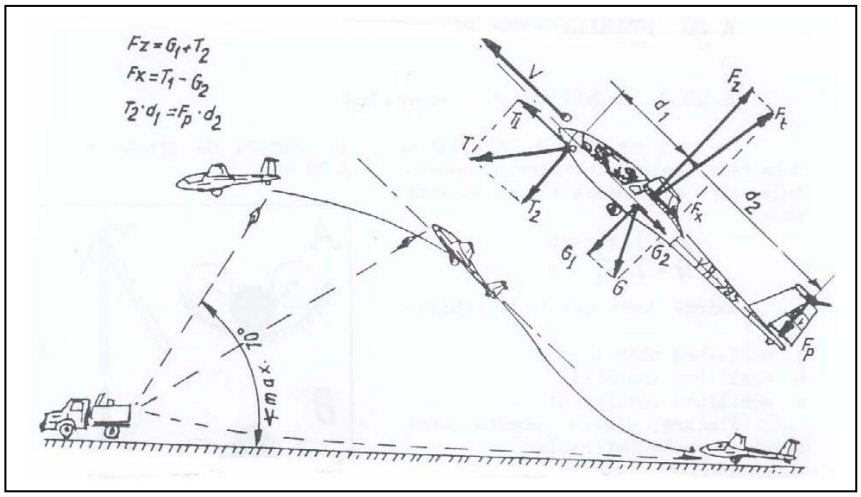


Fig. 19.54. Forțele în remorcajul de automosor cu declanşator de bot

Echilibrul de forțe şi momente este următorul:

$$F_z = G_1 + T_2$$
$$F_x + G_2 = T_1$$
$$T_2 \; d_1 = F_p \; d_2$$

b. În situația *remorcajului cu declanşator în centrul de greutate* nu mai apare momentul de rotire, deci profundorul va sta în poziție neutră, remorcajul efectuându-se mult mai uşor din punctul de vedere al tehnicii de pilotaj.

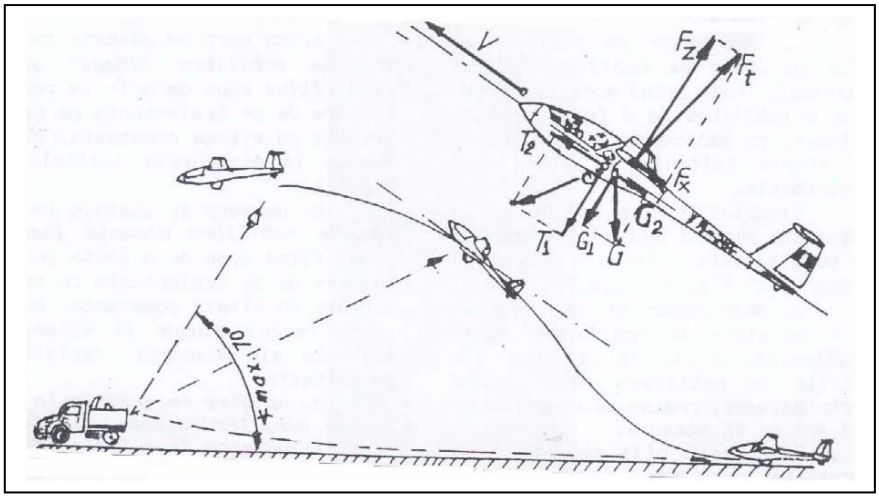


Fig. 19.55. Forțele în remorcajul de automosor cu declanşator de burtă

Echilibrul de forțe este următorul:

$$T_2 = G_2 + F_x$$
$$F_z = G_1 + T_1$$

Când planorul se va apropia de verticala automosorului, în ambele situații de remorcaj, forța de tracțiune creşte foarte mult (componenta T_1) şi forța aerodinamică totală nu o mai poate echilibra.

În acest moment se va declanşa cablul (care face un unghi de maxim 70° față de orizontală) şi se va trece la zborul normal.

20. Stabilitatea planorului

20.1. Echilibrul corpurilor

Un corp se află în echilibru dacă rezultantele forțelor şi momentelor care acționează asupra sa sunt nule:

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0$$
$$\vec{M} = \sum \vec{M}_i = 0$$

Există trei stări de echilibru:

a. echilibru stabil;

b. echilibru instabil;
c. echilibru indiferent.

Fiecare dintre aceste trei stări se poate referi la un echilibru *static* (de poziție) sau la un echilibru *dinamic* (de mişcare).

A. Echilibrul static

a. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static stabil*, dacă, fiind scos din poziția de echilibru de o forță perturbatoare, revine singur la starea inițială (fără intervenții exterioare).

Exemplu: o bilă aşezată în partea cea mai de jos a unei suprafețe concave, sau un pendul (vezi Fig. 20.56.A.).

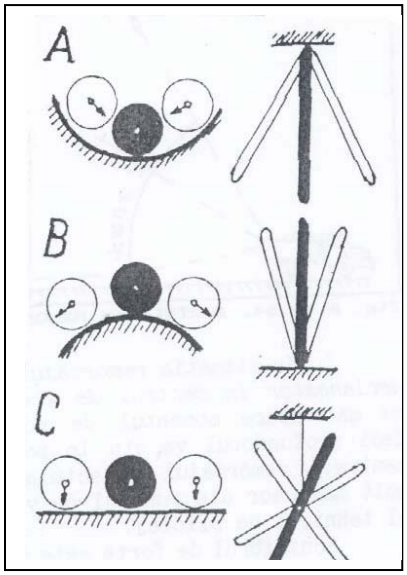


Fig. 20.56. (a, b, c) Stările de echilibru

b. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static instabil*, dacă, fiind scos din poziția de echilibru de o forță perturbatoare, nu mai poate reveni singur la starea inițială , amplificând perturbația.

Exemplu: o bilă aşezată pe o suprafață convexă sau o bară aşezată în poziție verticală pe o suprafață plană (vezi Fig. 20.56.B.).

c. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static indiferent*, dacă, fiind scos din poziția de echilibru de o forță perturbatoare, rămâne în noua stare, oricare ar fi aceasta.

Exemplu: o bilă aşezată pe o suprafață plană sau o bară agățată în centrul de greutate (vezi Fig. 20.56.C.).

B. Echilibrul dinamic

a. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic stabil* când, fiind scos de o forță perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, revine singur la elementele inițiale ale mişcării.

b. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic instabil* când, fiind scos de o forță perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, nu mai poate reveni singur la elementele inițiale ale mişcării, amplificând perturbația.

c. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic indiferent* când, fiind scos de o forță perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, rămâne pe noua traiectorie, tot cu viteză constantă.

20.2. Stabilitatea planorului

Întrucât aeronavele se deplasează în spațiul tridimensional şi forțele perturbatoare acționează în acest context; vom considera următorul sistem ortogonal de axe ataşat, cu originea în centrul de greutate al planorului (vezi Fig. 21.57.).

- x x' = axa longitudinală (de ruliu);
- y y' = axa transversală (de tangaj);
- z z' = axa verticală (de girație) şi ne vom referi la:
- stabilitatea longitudinală (în jurul axei de tangaj);
- stabilitatea transversală (în jurul axei de ruliu);
- stabilitatea verticală (în jurul axei de girație).

20.2.1. Stabilitatea longitudinală

A. Stabilitatea longitudinală statică

Vom spune că un planor este stabil longitudinal static, dacă la apariția unui factor perturbator (de exemplu variația incidenței aripii) care roteşte aeronava în jurul axei de tangaj, apare, fără intervenția pilotului, un moment stabilizator ce readuce planorul în poziția inițială.

Aşa cum observam şi în Fig. 20.58., în timpul zborului planat cu viteză constantă, momentul forței portante a aripii față de centrul de greutate **CG** al planorului este echilibrat de momentul forței portante a ampenajului orizontal față de acelaşi **CG**.

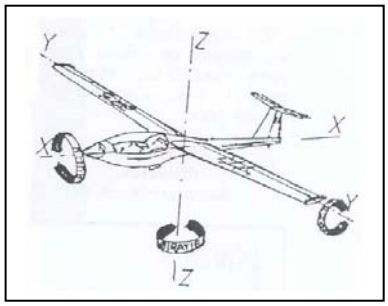


Fig. 20.57. Axele planorului

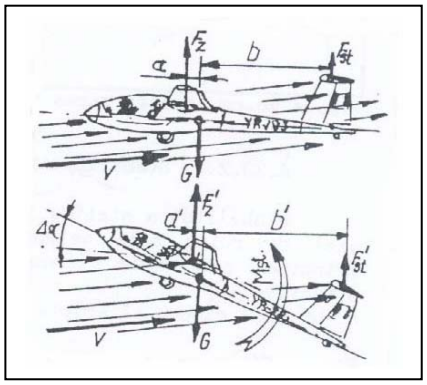


Fig. 20.58. Stabilitatea longitudinală

Datorită acțiunii unui factor perturbator (posibil o rafală orizontală sau verticală), se va modifica forța portantă pe aripă şi ampenaj (prin modificarea unghiului de incidență sau a vitezei) deci şi echilibrul momentelor, aeronava rotindu-se în jurul axei de tangaj. Dacă este îndeplinită condiția de stabilitate statică longitudinală, momentul creat de portanța ampenajului orizontal va fi mai mare şi va tinde să readucă planorul în poziția inițială:

$$M_{stabilizator} = F_{st}\, b - F_z\, a$$

Din cele arătate mai sus reiese importanța poziționării centrului de greutate. Dacă acesta se găseşte prea în spate este posibil ca la apariția unei perturbații, momentul portanței aripii să nu mai poată fi echilibrat, fapt care duce la evoluții necontrolate, în limită de viteză. Dimpotrivă, dacă poziția sa este prea înaintată, stabilitatea este prea mare şi planorul devine leneş în comenzi.

B. Stabilitatea longitudinală dinamică

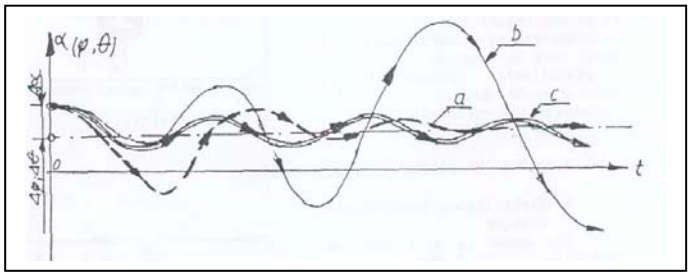


Fig. 20.59. Stabilitatea longitudinală dinamică

Să urmărim ce se întâmplă în timp, după apariția momentului stabilizator.

Planorul va tinde să rămână în poziția inițială, dar, din cauza inerției, va efecuta nişte oscilații amortizate până la recăpătarea traiectoriei de echilibru, în cazul în care este şi stabil dinamic. (vezi Fig. 20.59.a.).

Dacă în loc să se amortizeze, oscilațiile se amplifică, cu toate că este stabil static, planorul este instabil dinamic (vezi Fig. 20.59.b.), iar dacă oscilațiile rămân constante, echilibrul este dinamic indiferent (vezi Fig. 20.59.c.).

20.2.2. Stabilitatea transversală

Stabilitatea statică în jurul axei de ruliu este asigurată în principal prin două elemente constructive:

a. unghiul diedru al aripii *d:*

$F'_{z2} > F'_{z1}$

$a_2 > a_1$

$F'_{z2}\, a_2 > F'_{z1}\, a_1$

La apariția unei perturbații care are ca rezultat înclinarea planorului pe o aripă, din cauza unghiului diedru, momentul componentei verticale a portanței semiplanului care coboară, față de CG, este mai mare decât cel al componentei verticale a portanței semiplanului care urcă (vezi Fig. 20.60.)

Apare deci un moment stabilizator de ruliu:

$$M_{s\ ruliu} = F'_{z2}\, a_2 - F'_{z1}\, a_2$$

cu specificația că momentele create de componentele F''_z sunt neglijabile în raport cu cele create de componentele F'_z.

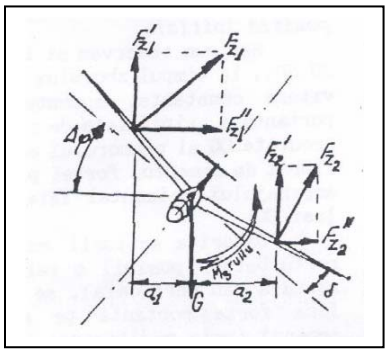


Fig. 20.60. Stabilitatea transversală

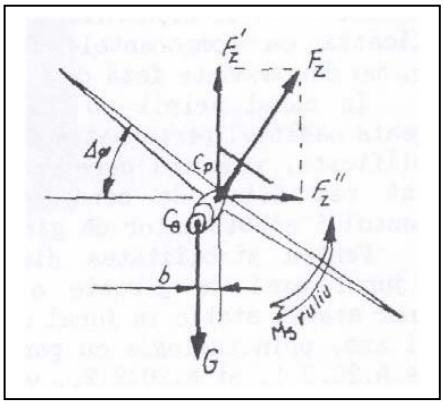


Fig. 20.61.

b. poziția mai coborâtă a centrului de greutate față de centrul de presiune:

La apariția unei perturbații care are ca rezultat înclinarea planorului pe o aripă, apare un decalaj pe orizontală între CG şi CP, dând naştere astfel unui cuplu de forțe stabilizator (vezi Fig. 20.61.):

$$M_{s\ ruliu} = F'_z\ b$$

De remarcat că momentul stabilizator de ruliu este cu atât mai mare cu cât CG este mai coborât.

Stabilitatea dinamică transversală în jurul axei de ruliu pentru un planor stabil static transversal este prezentată prin analogie cu cea longitudinală în Fig. 20.59., unde se înlocuieşte variația incidenței $\Delta\alpha$ cu variația înclinării $\Delta\varphi$.

20.2.3. Stabilitatea în jurul axei de girație

Stabilitatea statică în jurul axei de girație este asigurată în principal de:

a. ampenajul vertical:

Dacă, datorită unor perturbații exterioare, planorul execută o rotație $\Delta\theta$ în jurul axei de girație, incidența ampenajului vertical față de direcția de zbor va fi diferită de 0 şi în consecință va apare o forță portantă care va crea la rândul ei un moment stabilizator de girație (vezi Fig. A.20.62.).

$$M_{s\ giratie} = F_a\ d \qquad \text{unde:}$$

d = distanța de la **CG** al planorului la **CP** al ampenajului vertical.

b. unghiul de săgeată pozitiv al aripilor, *c*.

Datorită unghiului de săgeată pozitiv, se observă uşor că proiecțiile frontale ale semiplanurilor (pe un plan perpendicular pe viteză) sunt inegale. Rezistența la înaintare corespunzătoare ca şi momentele componentelor față de centrul de greutate al planorului vor fi de asemenea inegale, generând astfel un moment stabilizator de girație (vezi Fig. 20.63.).

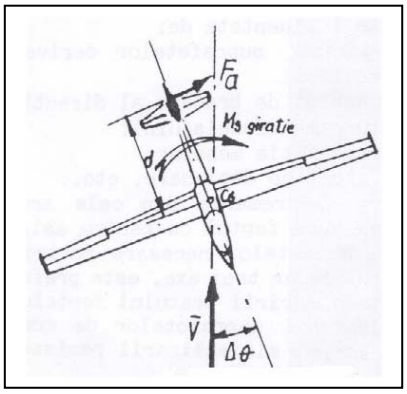


Fig. 20.62. Stabilitatea de giraţie

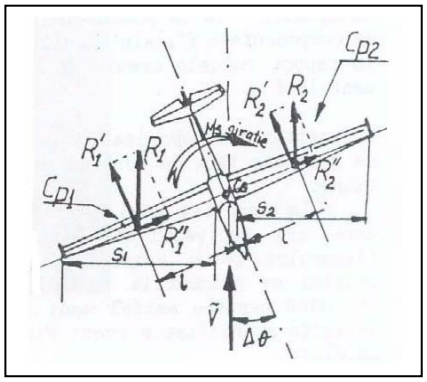


Fig. 20.63

$$M_{s\ giratie} = R'_1 l - R'_2 l, \quad \text{unde:}$$

$$S_1 > S_2 \quad R_1 > R_2 \quad R'_1 > R'_2$$

- S_1 şi S_2 sunt proiecţiile frontale ale semiplanurilor, iar
- l este distanţa de la **CP** al semiplanului la **CG** al planorului cu specificaţia că componentele R''_1 şi R''_2, nu dau momente faţă de **CG**.

În cazul aripii cu unghi de săgeată negativ, perturbaţia $\Delta\theta$ este amplificată, momentul care apare în acest caz fiind de sens contrar momentului stabilizator de giraţie.

Pentru stabilitatea dinamică în jurul axei de giraţie a unui planor stabil static în jurul aceleiaşi axe, prin analogie cu paragrafele 20.2.1. şi 20.2.2., vom folosi din nou Fig. 20.59, cu ordonata renominalizată corespunzător în θ.

21. Maniabilitatea planorului

Maniabilitatea planorului este calitatea acestuia de a răspunde uşor comenzilor şi de a efectua repede rotaţiile în jurul centrului de greutate.

Maniabilitatea, ca şi stabilitatea se studiază în raport cu cele trei axe de rotaţie:

- *maniabilitatea longitudinală* este modificarea cu uşurinţă a unghiurilor de incidenţă prin bracarea profundorului. Maniabilitatea longitudinală depinde de:
  - mărimea suprafeţelor profundorului şi stabilizatorului;
  - unghiul de bracaj al profundorului;
  - lungimea fuselajului;
  - centrajul planorului;
  - viteza de deplasare, etc..
- *maniabilitatea transversală* este însuşirea planorului de a se înclina sau roti cu uşurinţă în jurul axei longitudinale, când se brachează eleroanele. Maniabilitatea transversală este influenţată de:
  - mărimea suprafeţelor eleroanelor;
  - unghiurile de bracaj diferenţiale;

- poziția eleroanelor pe aripă;
- anvergura aripii;
- repartizarea masei aripii;
- viteza de deplasare, etc..

- *maniabilitatea pe direcție* este însuşirea planorului de a se roti cu uşurință în jurul axului vertical. Acest lucru se realizează prin bracarea direcției spre stânga sau spre dreapta. Maniabilitatea pe direcție este influențată de:
  - mărimea suprafețelor derivei şi direcției;
  - unghiul de bracare al direcției;
  - lungimea fuselajului;
  - repartiția maselor;
  - viteza de deplasare, etc.

Se remarcă din cele arătate până acum faptul că pentru asigurarea momentelor necesare rotirii în jurul celor trei axe, este preferată metoda măririi brațului forțelor şi micşorării suprafețelor de comandă cu scopul minimalizării rezistențelor la înaintare.

Concentrarea maselor cât mai aproape de centrul de greutate pentru micşorarea momentelor de inerție este o altă cerință pentru asigurarea unei bune maniabilități.

Maniabilitatea planorului este, de asemenea, în strânsă legătură cu stabilitatea sa. Cu cât un planor este mai stabil, cu atât este mai puțin maniabil.

În practică se recurge la un compromis între maniabilitate şi stabilitate.

22. Centrajul planorului

Greutatea unui planor se poate considera concentrată într-un punct, numit centru de greutate $\mathbf{C_G}$, diferit, de obicei ca poziție de centrul de presiune $\mathbf{C_P}$ al planorului.

Poziția centrului de greutate al planorului se indică în procente din coarda medie aerodinamică CMA, față de bordul de atac al acesteia şi se numeşte generic ***centraj*** *(valoare % CMA).*

În planorism, datorită faptului că vor zbura piloți mai grei sau mai uşori, constatăm că centrul de greutate îşi va schimba poziția de la zbor la zbor. Astfel, dacă se află în zbor un pilot mai uşor, centrul de greutate se mută în spate față de bordul de atac al CMA.

Prin *centraj maxim spate admis* se înțelege poziția maximă spate a cetrului de greutate pe CMA, poziție din care la comanda pilotului (manşa la poziția maxim în față), de bracare a profundorului maxim în jos, să se obțină unghiul de incidență corespunzător vitezei maxime de zbor.

Dacă, în schimb avem un pilot cu o greutate mare, centrul de greutate se va muta mai înspre față, deci va avea o poziție mai apropiată de bordul de atac de CMA.

Prin *centraj minim față admis* se înțelege poziția minimă a centrului de greutate pe coarda medie aerodinamică, din care, la comanda pilotului (manşa maxim trasă) pentru a braca maxim în sus profundorul, să se poată obține coeficientul de portanță maxim, deci unghiul de incidență critic.

Dacă se depăşeşte centrajul maxim spate, aeronava nu va mai putea fi readusă pe panta normală de zbor de la o pantă de urcare şi se va angaja.

Dacă se depăşeşte centrajul minim față aeronava nu va mai putea fi redresată după un zbor în pantă accentuată de coborâre. Deci, o condiție de bază a limitelor de centraj admise este ca în cadrul acestor limite să se asigure manevrabilitatea aeronavei.

Spre a evita în exploatare depăşirea centrajelor care, spre exemplu la planorul IS 28 B_2 sunt:

- centraj minim față = 22% CMA şi
- centraj maxim spate = 47% CMA,

constructorul limitează greutatea minimă şi maximă a echipajului şi prevede uneori cabina planoarelor cu locaşuri pentru greutăți speciale de plumb care pot fi ataşate sau scoase în funcție de necesități.

În concluzie, dacă se depăşesc centrajele maxim spate şi minim față, nu mai este posibilă realizarea de viteze minime sau trecerea la zborul pe panta normală.

Menționăm că în această situație acționarea comenzii *compensatorului* *nu ajută la corectarea centrajului*, acesta având rolul de a elimina efortul pe manşă în situația zborului normal.

23. Compensarea comenzilor

Se face cu ajutorul unor dispozitive care servesc la micşorarea eforturilor depuse de pilot pe comenzi. Aceste dispozitive se montează pe suprafețele de comandă.

Compensarea poate fi:

a. statică; şi
b. aerodinamică.

a. *Compensarea statică* se realizează prin montarea de resorturi sau greutăți în lanțul cinematic al comenzii, sau pe suprafața de comandă

b. *Compensarea aerodinamică* se face prin:

1. suprafață;
2. poziționarea axei de rotație;
3. trimere.

1. *Compensarea prin suprafață* se obține cu ajutorul unei porțiuni din suprafața de comandă, care este plasată în partea anterioară axei de rotație a suprafeței de comandă (profundor sau direcție) şi care se brachează în partea opusă bracării acesteia (vezi Fig. 23.64.a.).

2. *Compensarea axială* este realizată la fel ca cea prin suprafață, dar aici se va braca în sens invers o porțiune din suprafața de comandă pe toată lungimea acesteia. (vezi Fig. 23.64.b.).

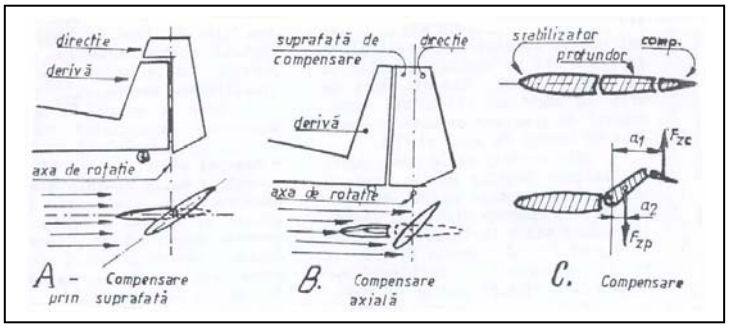


Fig. 23.64. Compensarea comenzilor

3. *Compensarea prin compensator* se realizează cu ajutorul unei suprafețe montate pe suprafața de comandă (vezi Fig. 23.64.c.), care, la comanda pilotului, se brachează în sens invers bracării suprafeței de comandă astfel încât să realizeze echilibrul de momente:

$F_{zt}\ a_1 = F_{zc}\ a_2$

Compensarea se mai poate face şi *prin modificare unghiului de incidență al întregului ampenaj orizontal*, modificare ce se realizează în zbor la comanda pilotului.

24. Factorul de sarcină

Se numeşte *factor de sarcină* ***n****, raportul dintre portanța dezvoltată de o aripă într-o evoluție oarecare şi greutatea aeronavei*:

(A.31) $$n = \frac{F_z}{G}$$

În cazul zborului orizontal, când $F_z = G$, $n = 1$. Dacă F_z este negativ, atunci şi n este negativ.

Se numeşte *factor de sarcină maxim admis în exploatare* $\mathbf{n_e}$*, factorul de sarcină maxim la care este calculată o aeronavă astfel încât structura ei să reziste fără a prezenta rupturi sau deformații permanente atunci când execută evoluții specifice scopului în care a fost construită*.

Se numeşte *factor de sarcină de rupere* $\mathbf{n_r}$ *factorul de sarcină care aplicat trei secunde, duce la ruperea structurii aeronavei*. Uzual, $n_r = 1{,}5\ n_e$.

Un lucru demn de remarcat este acela că n_e variază cu greutatea aeronavei. Astfel, pentru planorul IS 28 B_2, n_e are următoarele valori:

- pentru greutarea de 520 Kgf, n_e = + 6,5 g, - 4 g;
- pentru greutarea de 590 Kgf n_e = +5,3 g, - 2,65 g.

Orice evoluție a aeronavei este caracterizată de un factor de sarcină care se poate calcula: zborul orizontal, virajul, resursa, figurile acrobatice, zborul în atmosfera agitată, impactul la aterizare, etc. Spre exemplificare prezentăm formula de calcul a factorului de sarcină în virajul corect:

$$n = \frac{1}{\cos \varphi} \qquad \text{(A.32)}$$

unde φ este unghiul de înclinare în viraj.

Să observăm că pentru un viraj înclinat cu 60° față de orizontală (pentru care cos 60° =1/2), n=1/½, deci n = 2 !.

25. Momentul negativ

În timpul zborului cu o aeronavă se constată că dacă se dau comenzi de intrare sau ieşire din viraj, lucrând numai cu manşa, aeronava va avea tendința să se rotească în partea opusă comenzii date.

Tendința de rotire în sens invers comenzii date cu manşa lateral se numeşte moment negativ.

Acest moment se va elimina lucrând cu manşa şi palonierul în acelaşi timp şi în aceeaşi parte, în cantități proporționale. În acest fel, tendința aeronavei de a se roti în partea opusă va fi anulată de rotirea datorată palonierului.

Când mişcăm lateral manşa, o aripă coboară şi alta urcă. Astfel, pe aripa care coboară apare o viteză ascendentă $\mathbf{w_a}$ a curentului de aer care va determina, împreună cu viteza de înaintare a aeronavei **V**, o rezultantă $\mathbf{V_{rc}}$. Forța portantă F_z este perpendiculară pe viteza $\mathbf{V_{rc}}$, forța rezistentă F_{xc} este paralelă cu viteza, iar forța aerodinamică totală $\mathbf{F_{tc}}$, este orientată spre înainte. Făcând proiecția acesteia pe **V** (viteza de deplasare), vom obține o forță de deplasare a aripii spre înainte $\mathbf{F_{tr}}$ (Fig. 25.65.).

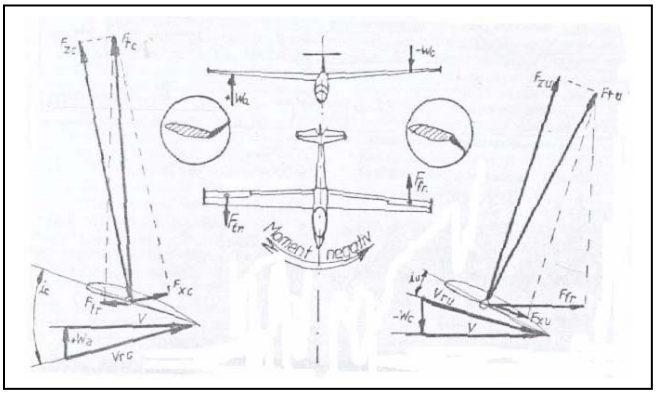


Fig. 25.65. Momentul negativ

În acelaşi timp, pe aripa care urcă, apare o viteză $\mathbf{w_c}$ descendentă a curentului de aer care prin compunere cu viteza aeronavei **V**, va da o rezultantă $\mathbf{V_{ru}}$. Şi aici forța portantă $\mathbf{F_{zu}}$ este perpendiculară pe $\mathbf{V_{ru}}$, iar forța aerodinamică rezultantă $\mathbf{F_{tu}}$ va fi orientată spre înapoi.

Făcând şi aici proiecția forței $\mathbf{F_{tu}}$ pe viteza de deplasare a aeronavei, vom obține o forță de deplasare spre înapoi a aripii $\mathbf{F_{fr}}$ (vezi Fig. 25.65.).

Cele două forțe $\mathbf{F_{tr}}$ şi $\mathbf{F_{fr}}$ vor da naştere unui moment de rotire a aeronavei în sens invers comenzii date cu manşa lateral, iar valoarea sa va fi cu atât mai mare cu cât planorul va avea o anvergură mai mare.

26. Polara vitezelor

Este reprezentarea grafică a vitezei de înfundare a planorului **w** funcție de viteza de înaintare a acestuia **V** (vezi Fig. 26.66.).

Punctele casracteristice ale polarei sunt următoarele:

- A = punctul de tangență la polară al perpendicularei pe axa absciselor, corespunde vitezei minime de zbor (pe axa ordonatelor putem citi viteza asociată de coborâre);
- B = punctul de tangență la polară a perpendicularei pe axa ordonatelor corespunde vitezei minime de coborâre (pe axa absciselor putem citi viteza de zbor asociată);
- C = punctul de tangență la curba polară a semidreptei dusă din originea sistemului de axe, dă coordonatele vitezelor (v şi w), corespunzatoare vitezei maxime (se observă că unghiul θ pe care-l face tangenta cu axa absciselor este minim)

$$k_{maxim} = ctg\ \theta_{\min} = \frac{v_f}{w_f}$$

- D şi E sunt puncte care se găsesc la intersecția unei semidrepte, duse din originea sitemului de coordonate, cu polara vitezelor. Aceste puncte corespund la două situații de zbor în care planorul evoluează cu aceeaşi finețe, k = ctg θ.

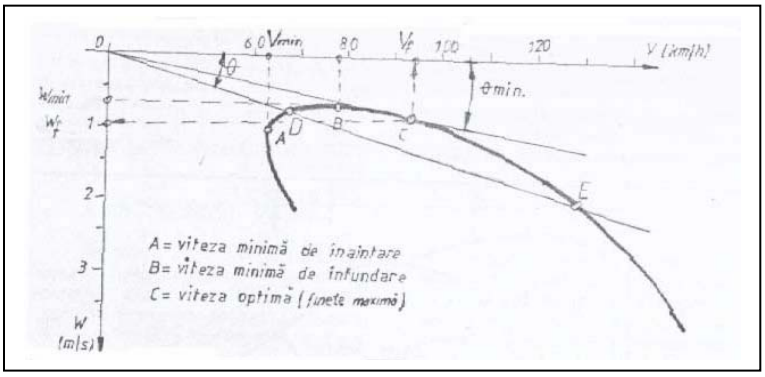


Fig. 26.66. Polara vitezelor calculată

Punctul D corespunde zborului la incidențe mari, iar punctul E, zborului la incidențe mici (vezi polara profilului).

Pentru zborurile de performanță în planorism, polara vitezelor are o deosebită utilitate practică, facilitând exploatarea aeronavei în regimul dorit, construirea diferitelor abace de calcul, sau alegerea şi compararea performanțelor diferitelor tipuri de planoare.

Pornind de la relațiile care stabilesc factorii de care depinde viteza de cădere şi cea de zbor, să discutăm unele din cerințele principale care se impun pentru planoarele moderne.

$$v = \sqrt{\frac{G}{S}\ \frac{2}{\rho}\ \frac{1}{C_z}} \quad Km/h$$

$$w = \sqrt{\frac{G}{S}\ \frac{2}{\rho}\ \frac{C_x^{\,2}}{C_z^{\,3}}} \quad m/s \qquad \text{(A.34)}$$

1. Pentru a se putea urca cât mai repede în căminul ascendent, planorul trebuie să aibă o viteză de cădere cât mai mică, care să se găsească la o viteză de zbor cât mai mică (necesară spiralării cu raze mici în termicile înguste). Minimalizând pe **V** şi **w** rezultă:

a. un raport G/S cât mai mic care se realizează prin utilizarea în construcția planoarelor a unor materiale cu greutăți specifice scăzute şi rezistențe mecanice mari;

b. un raport C_z/C_x cât mai mare, (vezi polara planorului) în zona incidențelor mici, deci finețe aerodinamică maximă care se poate realiza în cazul nostru cu:

- profile aerodinamice specializate, numite profile laminare;
- aripi cu alungiri mari care datorită unui C_{xi} redus au finețe sporită;
- micşorarea rezistențelor de frecare prin prelucrarea suprafețelor.
- micşorarea rezistențelor pasive şi de interferență prin proiectarea corespunzătoare a formelor şi elementelor de racordare dintre ele.

2. Pentru a se putea obține viteze de drum cât mai mari şi distanțe maxime de planare, finețea optimă a planorului trebuie să se găsească la o viteză cât mai mare. Maximizând pe **V**, rezultă că ar trebui să avem un raport G/S cât mai mare şi intrăm în contradicție cu cerințele de la pct. 1.a.

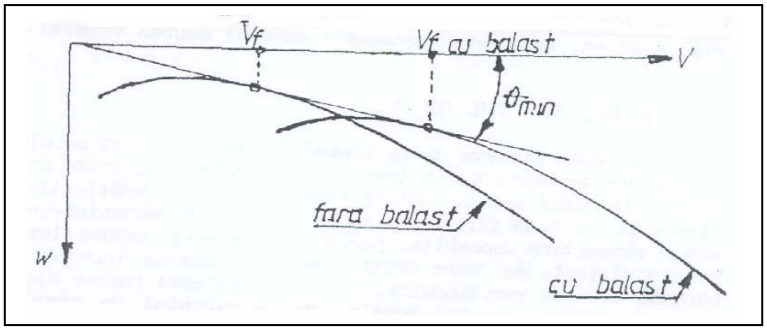


Fig. 24.67. Modificarea polarei funcție de balast

Pentru a rezolva această problemă în practică s-a ajuns la soluția unei încărcături pe m^2 (G/S) variabilă în funcție de necesități. Planoarele moderne sunt dotate cu rezervoare de apă care pot fi golite în timpul zborului. Se obține astfel o viteză corespunzătoare finеții optime, variabilă (vezi Fig. 26.68.).

Polara vitezelor poate fi calculată sau determinată practic prin măsurători de precizie în timpul zborului într-o atmosferă liniştită, diferenţele apărute între cele două reprezentări fiind uneori reprezentative.

27. Influenţa vântului şi a curenţilor verticali asupra vitezei de salt

În timpul zborului planorul va traversa de multe ori zone cu mişcări ale aerului atmosferic pe verticală sau orizontală. Pentru a putea determina viteza optimă de deplasare şi în aceste situaţii, trebuie să facem nişte construcţii ajutătoare pe polara vitezelor ca în Fig. 27.68.

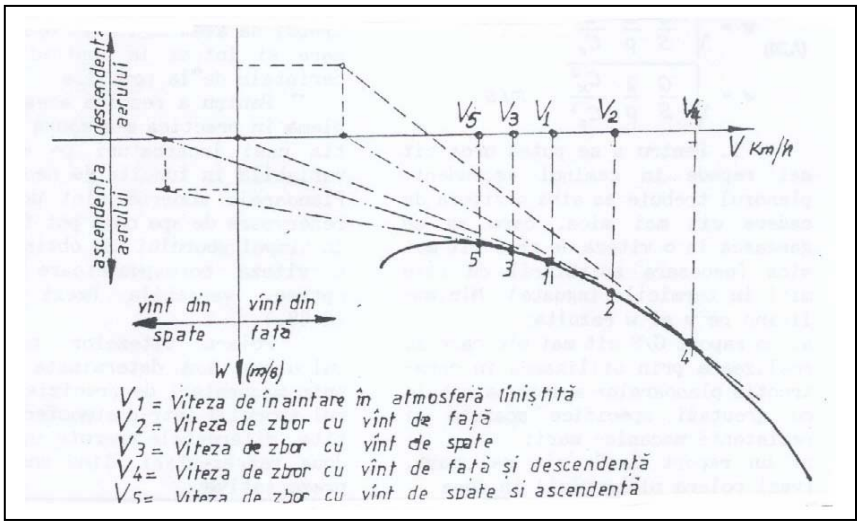

descendenta aerului
ascendenta aerului
V5 V3 V1 V2 V4
V Km/h
5
3
1
2
4
vînt din spate
vînt din față
W (m/s)
V1 = Viteza de înaintare în atmosferă liniștită
V2 = Viteza de zbor cu vînt de față
V3 = Viteza de zbor cu vînt de spate
V4 = Viteza de zbor cu vînt de față și descendență
V5 = Viteza de zbor cu vînt de spate și ascendență

Fig. 27.68. Influenţa deplasării aerului asupra vitezei optime de zbor

Astfel, originea polarei va fi mutată cu valoarea vitezei perturbatoare pe axele şi în sensurile specificate.

Vom putea obţine acum valoarea vitezei optime în condiţile date, ducând tangenta la polară din noua origine.

Urmărind cele cinci exemple prezentate, se poate observa că în situaţia unui curent descendent sau a unui vânt de faţă, trebuie să ne deplasăm cu o viteză de zbor mai mare pentru a obţine o fineţe maximă, iar în situaţia unui curent ascendent sau a vântului de spate, trebuie să micşorăm viteza.

Polara astfel trasată ajută pe pilot în construcţia abacelor şi calculatoarelor necesare executării zborurilor de performanţă.

28. Efectul de sol

Se poate observa că în timpul zborurilor acrobatice, la trecerile făcute *la rasul solului* sau la aterizare în perioada *filării*, planorul are o comportare deosebită, parcurgând o distanţă mai mare decât i-ar permite finеţea aerodinamică.

Fenomenul poartă numele de *efect de sol* şi *este o interferenţă între aripa aeronavei şi sol*, aspectul curgerii aerului între cele două suprafeţe având un caracter special.

O explicație ar fi aceea legată de mecanismele apariției rezistenței induse (vezi paragraful Rezistența indusă). Astfel, datorită vitezei induse $\mathbf{w_i}$, în spatele aripii curentul de aer este deflectat în jos (vezi Fig. 28.69.), dând naştere unui unghi de incidență indus, care, la rândul sau, micşorând incidența reală, deplasează poziția lui F_z spre înapoi şi crează rezistența indusă. Dacă planorul zboară la foarte joasă înălțime, deflexia curentului de aer nu mai este posibilă ca în cazul evoluției la altitudine şi deci unghiul indus, micşorându-se ne va scădea şi rezistența indusă (vezi Fig. 28.69.).

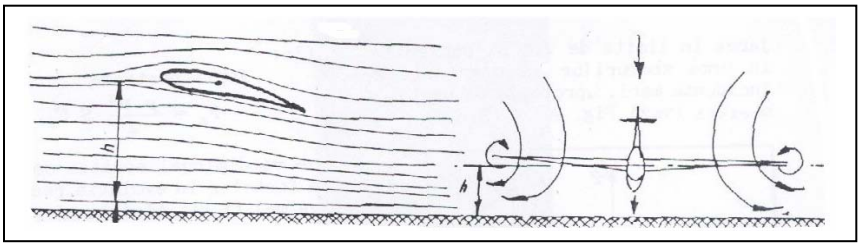


Fig. 28.69. Efectul de sol

În urma experiențelor efectuate, s-a constatat că rezistența indusă scade semnificativ numai în cazul zborurilor la care înălțimea aripii față de sol este mai mică de 20% din anvergura (pentru planoare 3-4m.). Rezultă deci că efectul de sol se va manifesta cu atât mai intens cu cât anvergura va fi mai mare şi cota **h** a aripii față de sol va fi mai mică. Din această ultimă cauză, planoarele cu aripă mediană vor avea o comportare mai bună decât cele cu aripa sus, finețea lor fiind oricum îmbunătățită (vezi Fig. 28.70.).

Ținând cont şi de faptul că efectul de sol se simte mai puternic pe timp liniştit, vântul defavorizându-l, prezentăm în Fig. 28.71. modificarea polarei unui planor când asupra sa se manifestă acest fenomen.

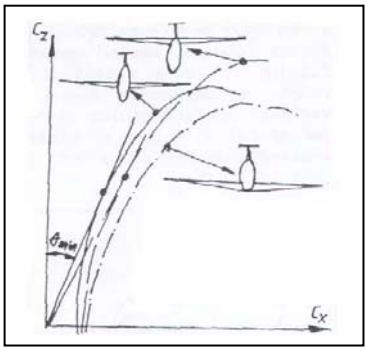


Fig.28.70. Variația polarei funcție de montarea aripii

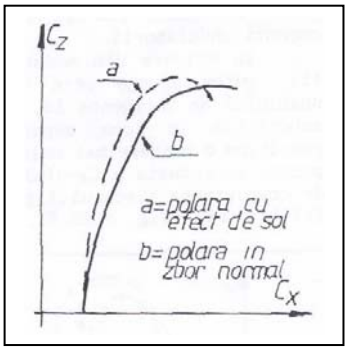


Fig. 28.71. Modificarea polarei la apariția efectului de sol

29. Zborul la incidențe mari

Circa 20% din accientele aviatice ale ultimilor ani înregistrate pe plan mondial şi mult mai multe în țara noastră au fost legate de angajarea în limită de viteză survenită în urma zborurilor la unghiuri de incidență mari, apropiate de unghiul α_{critic} (vezi Fig. 29.72.).

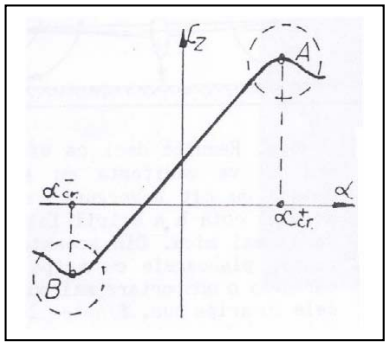


Fig. 29.72. Cz funcție de α

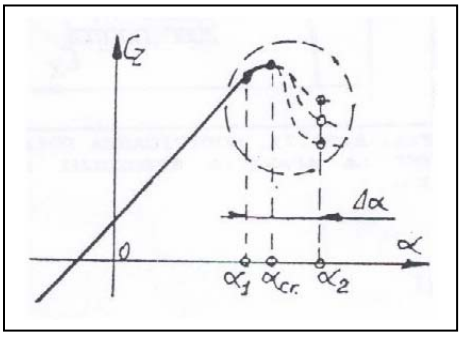


Fig. 29.73.

Pentru planoare, zborul cu viteze mici corespunzător pe curba $C_z(\alpha)$ zonei A, este uzual întâlnit la spiralarea în căminul termic, procedurile de decolare şi aterizare (mai ales în cazul terenurilor obstacolate alese din aer), sau menținerea punctului fix la zborul în curenți ondulatorii.

În oricare din aceste situații, putem ajunge prin creşterea unghiului de incidență $\Delta\alpha$, din zona subcritică în zona supercritică, rezultând o scădere mai mult sau mai puțin accentuată a C_z-ului funcție de comportarea fiecărui tip de profil în parte (Fig. 29.73.):

- α_1 = unghi de incidență subcritic;
- α_2 = unghi de incidență supercritic;

Forța portantă :

$$F_z = \frac{\rho v^2}{2} S C_z,$$

se va diminua, ecuația de echilibru a forțelor în evoluția respectivă nu va mai fi satisfacută şi planorul se va angaja.

Modificarea $\Delta\alpha$ a unghiului de incidență poate apare:

- comandat, prin acțiunea pilotului asupra comenzilor;
- accidental, datorită unor rafale verticale ale aerului.

În primul caz aripa planorului găsindu-se inițial la incidența α_1 (vezi Fig. 29.73.), următoarele situații sunt frecvent întâlnite:

a. dintr-un motiv anume, pilotul trage manşa. Profundorul se brachează în sus şi dă naştere unui moment care va ridica botul planorului, mărind astfel unghiul de incidență al aripii de la valoarea α_1 la α_2. Urmează conform celor arătate mai sus angajarea funcție de poziția planorului în momentul respectiv;

b. pilotul brachează brusc voletul. Acesta coboară, mărind curbura profilului. Pe zona aripii dotată cu volet, se depăşeşte α_{critic} (vezi variația coeficientului aerodinamic paragraful 10.2.) şi planorul se angajează de regulă pe bot, dacă nu este înclinat.

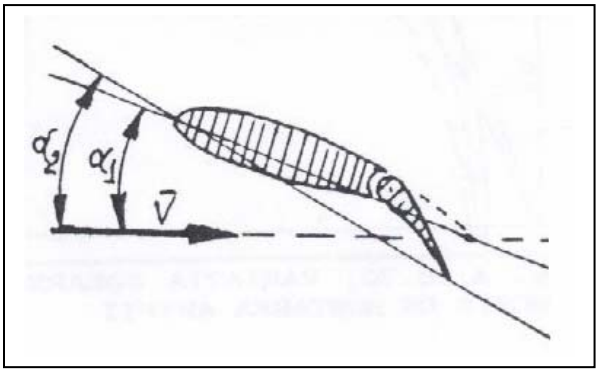


Fig. 29.74.

c. Pilotul brachează de asemenea brusc şi cu amplitudine mare eleroanele. Pe aripa care coboară, datorită componentei verticale a curentului de aer ce atacă profilul, incidența creşte şi α_{cr} este depăşit, planorul angajându-se pe aripa respectivă (vezi Fig. 29.75.A.).

Şi în cel de-al doilea caz, datorat unei rafale verticale, aripa planorului găsindu-se inițial tot la incidența α_1 (Fig. 29.73.), prin compunerea vitezelor pe profil, există posibilitatea depăşirii incidenței critice, urmând angajarea planorului (vezi Fig. 29.75.A.).

Modificarea necomandată $\Delta\alpha$ va fi cu atât mai mare cu cât:
- viteza de zbor este mai mică;
- viteza rafalei verticale este mai mare.

Demn de remarcat este faptul că toate situațiile prezentate în cele de mai sus pot apare atât la zborul în linie dreaptă, cât şi la cel în viraj sau spirală, unde datorită unghiului de înclinare al aripii față de orizontală, forța portantă necesară sustentației este mai mare (vezi paragraful A.14.):

$$F_z = \frac{G}{\cos \alpha}$$

şi deci, cu atât mai mult se fac simțite efectele depăşirii incidenței critice. Din acest motiv, *în timpul spiralării în termică, un planor se poate angaja la viteze superioare vitezei limită*.

Unghiul critic mai poate fi depăşit şi din alte cauze cum ar fi:
- efectul de girație asupra aripii din interiorul virajului (datorită scăderii vitezei); sau
- viteza indusă de aripă pe ampenajul orizontal, ducând la angajarea acestuia.

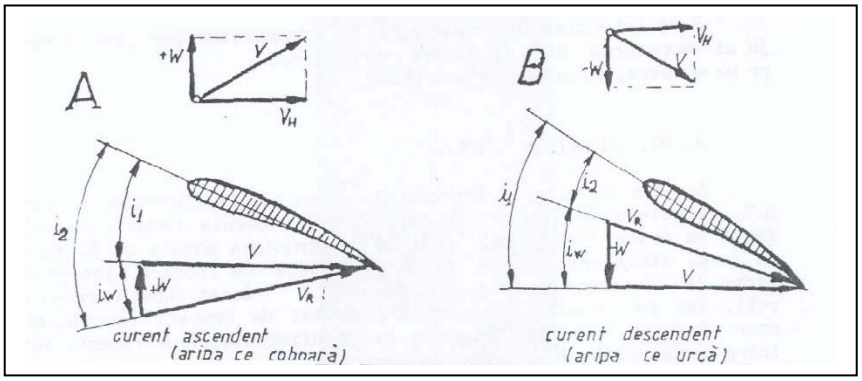


Fig. 29.75. Modificarea accidentală a unghiului α

29.1. Măsuri şi manevre pentru evitarea depăşirii unghiului α_{critic}

A. Din construcție se prevăd:

- curse diferențiale la eleroane (eleronul care coboară se brachează mai puțin ca cel care urcă);
- fante la bordul de atac al aripii şi al flapsului, care întârzie desprinderea fileurilor de aer de pe profil.

B. Manevrele care se execută după ce s-au produs simptomele apariției unghiului critic sunt următoarele:

- se reduce unghiul de incidență prin uşoară împingere a manşei spre înainte;
- se reduce viteza de rotire prin reducerea cursei palonierului.

După ce s-a produs efectul primelor două comenzi, se va reduce înclinarea laterală cu manşa.

Este interzisă în timpul virajului scoaterea din înclinare ca primă manevră, în momentul apariției *tremurăturilor* care preced angajarea.

30. Stratul limită

Aşa cum am văzut la paragraful A.2., efectele de frecare se manifestă în orice fluid real, deci şi în aerul atmosferic şi duc pe de-o parte la aderarea acestuia la pereți, iar pe de alta, la apariția unor frecări interne tangențiale între straturile de fluid (ce se deplasează cu viteze diferite unele față de altele) şi pereți.

Rezultă că atunci când vom introduce un corp oarecare (de exemplu o aripă) în curentul de aer, datorită vâscozității, particulele fluidului din imediata apropiere vor adera la suprafața corpului, rămânând imobile. Pentru a ajunge de la o viteză egală cu "0" la viteza de curgere a curentului, aerul se va accelera într-un strat subțire δ din imediata vecinătate a corpului:

Pornind de la cele arătate până acum, în anul 1905 lui L. Prandtl îi vine ideea că în cazul deplasării unei aripi de avion, să împartă mediul aerian înconjurător în două regiuni:

A. domeniul mişcării exterioare, în care efectele de frecare sunt neglijabile (straturile de aer se deplasează cu aceeaşi viteză unele față de altele) şi mişcarea poate fi studiată cu ajutorul ecuațiilor mecanicii fluidelor perfecte;

B. domeniu redus ca întindere, de grosimea notată cu δ, în care efectele de frecare sunt predominante.

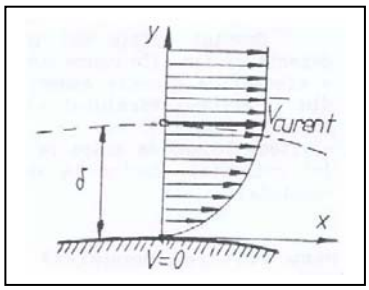


Fig. 30.76. Stratul limită

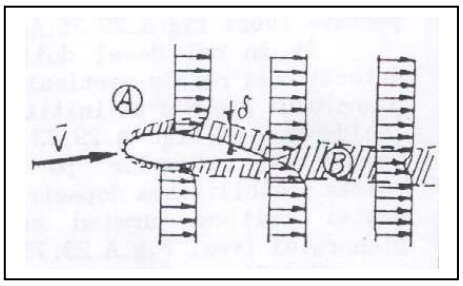


Fig. 30.77.

Acest strat care este influențat de frecări interioare datorate diferențelor de viteze, poartă denumirea de strat limită (vezi Fig. 30.77.).

De remarcat faptul că în stratul limită nu sunt valabile legile mecanicii fluidelor perfecte (legea lui Bernoulli, Ecuația continuității, etc.), repartiția presiunilor în jurul corpului fiind dictată în stratul exterior unde acționează aceste legi.

În urma a numeroase experiențe efectuate în tunelul aerodinamic s-a putut determina cum arată stratul limită pe un profil aerodinamic. Se poate observa astfel că pentru domeniul incidențelor mici, avem următoarea distribuție:

a = regiunea unde curgerea are loc în regim laminar (straturi paralele care alunecă unele față de altele) şi care se întinde de la bordul de atac al profilului până la un punct, unde numărul Re atinge o anumită valoare, numită critică, $\mathbf{Re_c}$.

În această zona valoarea **u** a vitezei într-un punct va fi constantă în timp (vezi Fig. 30.79.a.)

b = regiune de tranziție cuprinsă între Re_c şi Re_+, unde se face trecerea în mod gradat, prin apariția perturbațiilor la perete sau spoturilor turbulente, la mişcarea turbulentă.

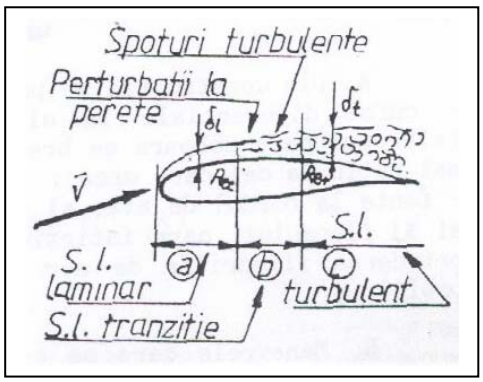


Fig. A.30.78.

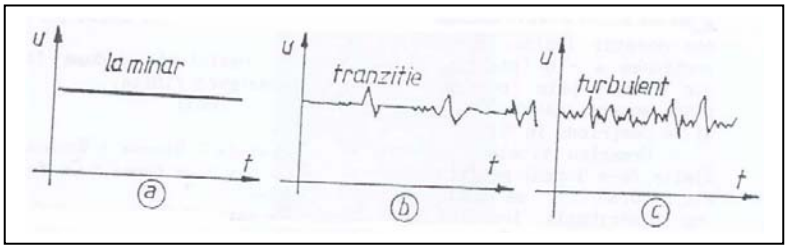


Fig. 30.79.

Valoarea vitezei într-un punct va fi cea indicată în Fig. 30.79.b..

c = regiune unde curgerea are loc în regim turbulent, parametrii mişcării prezentând fluctuații neregulate în timp şi spațiu. Numărul Re va fi mai mare ca Re_+, iar viteza într-un punct este funcție de timp (vezi Fig. 30.79.c.).

30.1. Desprinderea stratului limită

Continuând studiul comportării stratului limită se poate observa că datorită anumitor condiții, atât stratul limită laminar cât şi cel turbulent se pot desprinde de pe profil, cu consecințe majore în păstrarea calităților sale aerodinamice.

Astfel, în porțiunea de la bordul de atac până în zona grosimii sale maxime, viteza pe profil va prezenta o creştere continuă (Fig. 30.80.A.), gradientul de presiune va fi negativ, iar stratul limită va sta lipit de profil.

În porțiunea dintre zona grosimii maxime şi bordul de fugă, viteza pe extrados va prezenta o scădere continuă, gradientul de presiune va deveni pozitiv şi stratul limită se va desprinde de pe profil în regiunea care urmează după punctul de viteză maximă.

Pentru a înțelege mai uşor fenomenul se poate face analogie cu o bilă care se deplasează pe o suprafață concavă. Lăsată să cadă din punctul a, bila atinge viteza maximă în b şi pierzând energie prin frecare, este obligată să se oprească în d şi să se întoarcă din drum (Fig. 30.80.B). La fel şi o particulă din stratul limită. Accelerată pe porțiunea a - b (pierzând o parte din energie prin frecare), nu mai poate suporta decelerarea până în c şi se desprinde în d.

Urmărind vitezele în stratul limită de-a lungul profilului (vezi Fig. 30.80.C.), se poate observa cum distribuția lor îşi schimbă aspectul pe măsura încetinirii mişcării, ajungând să prezinte întoarceri de sens cu 180^o (vezi Fig. 30.80.C.d).

Punctul d de pe suprafața corpului, în care se face trecerea de la curgerea în sensul general al mişcării la curgerea în sens invers (pentru o regiune din imediata vecinătate a peretelui), este *punctul de desprindere a stratului limită.*

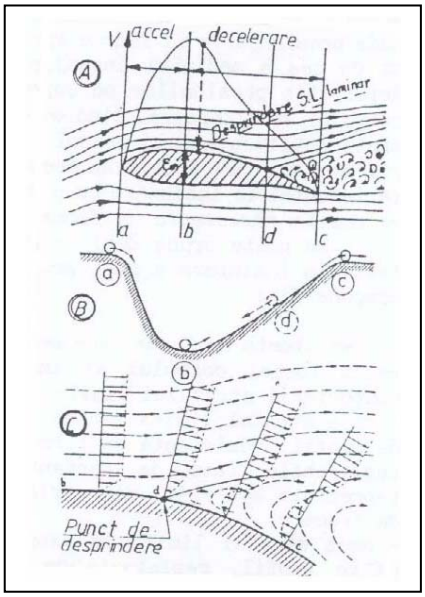


Fig. 30.80.

În consecință, în spatele profilului se va forma o *zonă de apă moartă* (Vezi Fig. 30.80.A. şi C.) unde presiunea va fi foarte apropiată de cea a mediului înconjurător. Repartiția presiunilor pe suprafața corpului se alterează, dând o componentă suplimentară în sensul mişcării aerului care determină creşterea rezistenței la înaintare cu o valoare numită *rezistență de formă*.

Se poate spune deci că rezistența la înaintare a unui profil se compune din:

a. *rezistența de formă* care se datorează formei corpului şi implicit comportării stratului limită:
- dacă stratul limită rămâne ataşat de profil, rezistența de formă este neglijabilă față de portanță şi reprezintă 30% - 40% din rezistența de frecare;
- dacă stratul limită se desprinde de pe profil, rezistența de formă este de acelaşi ordin de mărime cu portanța şi mult mai mare ca rezistența de frecare.

b. *rezistența de frecare* care reprezintă însumarea forțelor de frecare dintre curentul de aer şi suprafața profilului. Este de cel puțin zece ori mai redusă decât portanța.

c. *rezistența indusă* la aripa de anvergură finită.

Deci:

$$R_{totala} = R_{forma} + R_{frecare} + R_{ind}$$

$$C_{x\,tot} = C_{x\,forma} + C_{x\,frec} + C_{x\,ind}$$ sau:

$$C_{x\,total} = C_{x\,profil} + C_{x\,indus}$$

Făcând o sinteza a celor prezentate în acest capitol, rezultă că pentru a avea o rezistență la înaintare cât mai mică, profilul trebuie:

1. să prezinte o rezistență de formă minimă prin:
- evitarea desprinderii stratului limită laminar sau turbulent;
- întârzierea desprinderii stratului limită laminar sau turbulent (dacă nu este posibilă evitarea desprinderii), cu precizările:

a. stratul limită laminar se desprinde foarte uşor, imediat după atingerea punctului de viteză maximă pe profil, nesuportând decelerarea;

b. apariția turbulenței în stratul limită duce la întârzierea desprinderii, deoarece particulele de fluid din apropierea suprafeței profilului prin procesele de amestec, împrumută energie de la curentul exterior.
2. să prezinte o rezistență de frecare minimă, cu precizările:
a. stratul limită laminar datorită structurii interne de suprafețe paralele care alunecă unele peste altele, prezintă tensiuni de frecare scăzute pe suprafața profilului;
b. stratul limită turbulent, ca urmare a pierderilor prin amestec datorită fluctuațiilor (vezi Fig. 30.79.c.) prezintă tensiuni de frecare pe suprafața profilului foarte mari.

Speculând aceste observații, au fost înregistrate diferite modalități de inducere a turbulenței în anumite zone ale aripilor sau ampenajelor diferitelor aeronave, procedeu prin care chiar dacă se măreşte rezistența de frecare (prin întârzierea desprinderii stratului limită), se micşorează mult rezistența de formă. Ca efect global, scade rezistența totală la înaintare.

30.2. Influența tipului aripii asupra desprinderii stratului limită

În urma efectuării unui număr mare de experiențe în tunelul aerodinamic, s-a putut determina cu precizie comportarea stratului limită pentru diferite tipuri de aripi, în funcție de clasa profilului sau forma în plan a aripii.

A. Influența profilului

S-a putut astfel constata că pentru profilele clasice groase (e ³ 15%), la unghiuri de incidență din ce în ce mai mari, stratul limită se comportă ca în Fig. 30.81.

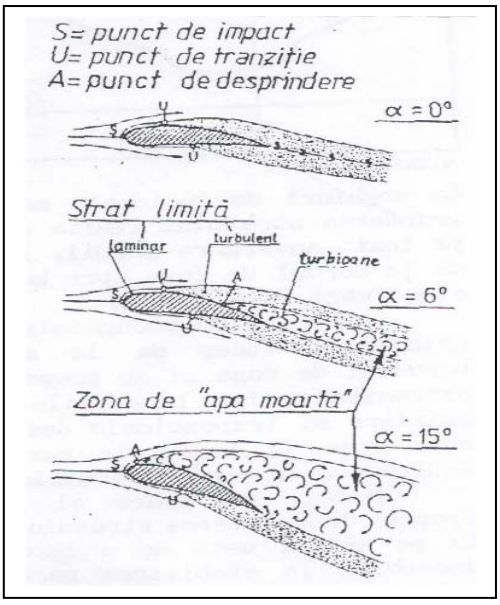


Fig. 30.81.

În Fig. 30.82. sunt prezentate spectrele scurgerii determinate exeprimental în sufleria de spectre cu lichid pentru situațiile prezentate în Fig. 30.81. Se observă cu claritate zona de *apă moartă* care apare în urma profilului la incidențe mari.

Comparativ, în Fig. 30.83. este prezentată comportarea stratului limită pentru profilele subțiri şi medii, la care un element caracteristic îl constituie apariția în stratul laminar a unei *bule*. Incidența la care apare bula, modul în care se deplasează şi se rupe, depind de tipul şi caracteristicile profilului respectiv.

O categorie aparte de profile aerodinamice în ceea ce priveşte comportarea stratului limita, o constituie profilele laminare. În Fig. 10.43. am prezentat curba polară $C_z(C_x)$ pentru câteva dintre acestea. Având grosimea maximă situată în a doua jumătate a corzii, curgerea pe profil este accelerată pe o distanță mai mare în profunzime decât la profilele clasice. Stratul limită laminar se va menține mai mult, (desprinderea va fi întârziată). Rezistențele de formă şi frecare având valori reduse, curba $C_z(a)$ va arăta ca în Fig. 30.84, unde se remarcă o scădere accentuată a rezistenței totale la incidențe mici.

Datorită caracteristicilor speciale, profilele laminare sunt foarte sensibile la starea suprafeței, impunându-se o întreținere deosebită prin spălare şi lustruire.

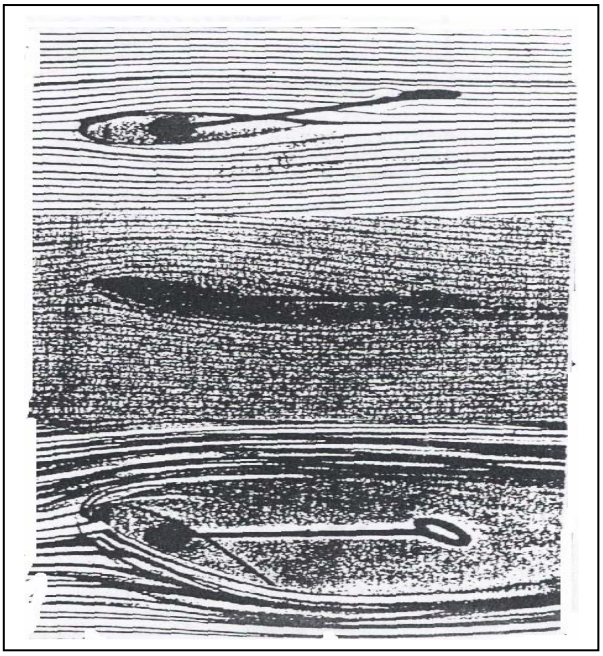


Fig. 30.82.

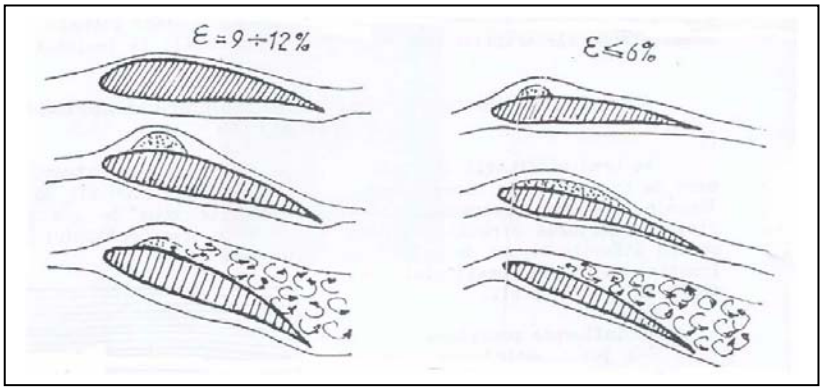


Fig. 30.83.

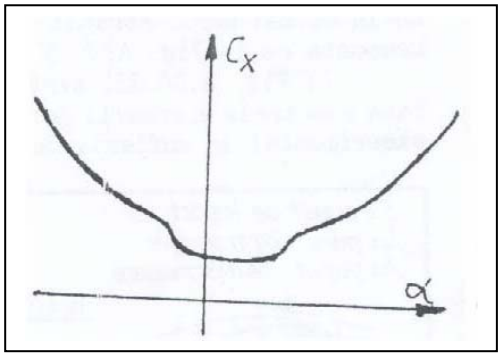


Fig. 30.84.

B. Influența formei în plan a aripii

Din capitolul referitor la rezistența indusă am aflat că aripa de rezistență indusă minimă este cea care are în plan o formă eliptică.

La unghiuri de incidență mari desprinderea stratului limită se face pe toată anvergura aripii, începând de la bordul de fugă spre bordul de atac (vezi Fig. 30.85.).

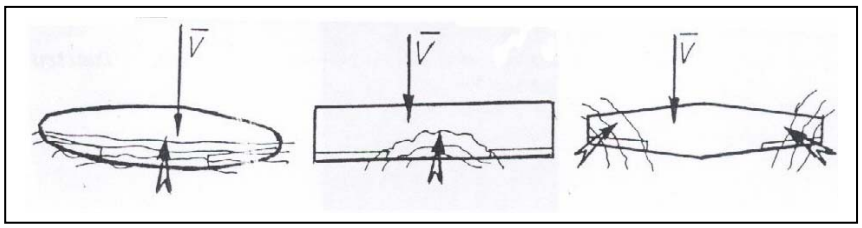


Fig. 30.85.

La aripa dreptunghiulară desprinderile încep de la mijlocul bordului de fugă şi se propagă spre extremități, iar la aripile triunghiulare şi trapezoidale desprinderile apar la bordurile marginale, deplasându-se apoi spre mijloc.

Modul cum apare şi cum se propagă desprinderea stratului limită pe aripă, este de o importanță deosebită în stabilirea performanțelor, stabilității şi maniabilității planorului respectiv. De exemplu, eficacitatea eleroanelor la diferite viteze şi unghiuri de incidență de zbor, depinde de poziționarea acestora față de zona unde începe aterizarea.

La zborul în zona incidențelor mari (vezi A.29.), când ne apropiem de α_{critic}, datorită evoluției desprinderii stratului limită pe aripă, apar mici tremurături care ne avertizează despre iminența unei angajări dacă se va continua creşterea unghiului de incidență.

De asemenea pentru o anumită viteză de zbor, într-o configurație caracteristică, stratul limită poate prezenta detaşări şi ataşări succesive ce dau naştere unor trepidații. Acestea pot ajunge la rezonanță cu frecvența de oscilație a anumitor suprafețe de comandă sau părți de structură care, în acest mod se pot bloca sau chiar rupe.

CAPITOLUL V
INSTRUMENTE DE BORD

1. Importanța instrumentelor de bord

Odată cu dezvoltarea tehnicii s-a dezvoltat şi aviația. Astfel, în cadrul zborului fără motor, având planoare cu finețe mare, iar zborul efectuându-se în totalitate pe baza unor calcule, s-a impus perfecționarea şi diversificarea instrumentelor de la bordul aeronavelor.

Instrumentele de bord, pentru a putea fi observate mai usor se instalează pe un bord aflat în fata pilotului.

În perfectionarea zborului s-a ajuns ca la bordul planoarelor sa existe calculatoare de bord care indică pilotului cât să spiraleze într-o termică, cu ce viteză şi până la ce înaltime să execute un salt.

2. Clasificarea instrumentelor de bord

a. instrumente de bord pentru controlul funcționarii motorului

Aceste instrumente se găsesc la bordul avioanelor şi motoplanoarelor şi sunt:

- indicatorul de ture al motorului (tachimetrul sau comptur);
- manometre de presiune pentru benzină, ulei şi amestec admisie;
- termometre ulei, chiulase, lichide de răcire;
- litrometre (pentru cantitatea de combustibil existentă);

b. instrumente de bord pentru controlul calitații zborului

- indicatorul viraj şi glisadă;
- vitezometrul;
- variometrul;
- calculatorul de bord;
- abace şi inele;

c. instrumente de bord pentru controlul pozitiei în zbor

- altimetrul;
- barograful;
- orizontul artificial;
- girocompasul şi radiocompasul;
- compasul magnetic;

d. instrumente de bord pentru controlul navigatiei aeriene

- compasul de aviație (busola);

- girodirectionalul;
- vitezometrul;
- altimetrul;
- variometrul;
- ceas, abace, rigle, harta şi aparatura radioelectrică;

e.instrumente de bord pentru protecția echipajului

- paraşuta;
- inhalatorul de oxigen;
- echipamentul de zbor special;

3. Capsule, tuburi, membrane

Instrumentele de bord pentru a putea funcționa au în componența lor surse de tensiune, capsule aneroide, capsule deschise, prize de presiune, membrane, tuburi Bourdon şi capsule armonice.

a. Capsulele sunt cutii metalice, cilindrice cu suprafețele de bază din membrane metalice subțiri, ondulate şi elastice. La unele capsule lipseşte inelul rigid şi suprafețele de bază sunt sudate (lipite direct) (fig 3.1.).

Capsulele aneroide sunt capsule închise vidate la interior mai mult sau mai puțin (o presiune scăzută şi constantă în permanență).

Capsulele manometrice (deschise) sunt de acelaşi format cu cele aneroide, având o comunicație cu exteriorul prin care se poate introduce o presiune.

b. Membranele sunt foi metalice (sau folii de material plastic) subțiri şi elastice, plate sau ondulate, care, sub influența presiunilor ce nu depaşesc 2 Kgf/cm^2 pot transmite deformațiile lor unui mecanism indicator.

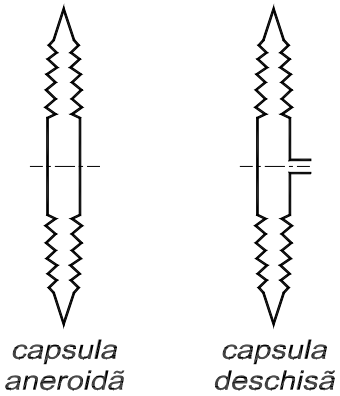


Fig. 3.1. Capsule

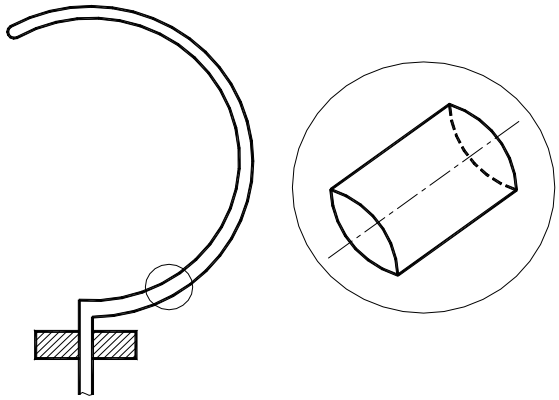


Fig. 3.2. Tubul Bourdon

c. Tubul Bourdon este o țeavă subțire confecționată din metal elastic. Un capăt al țevii este închis şi pus în legatură cu un sistem indicator, iar celălalt capăt este deschis şi pus în legătură cu un organ de comandă. Țeava elastică este infaşurată circular în formă de serpentină.

Tuburile Bourdon se întrebuințează în construcția termometrelor de ulei şi a manometrelor. Acestea funcționează pe principiul deformării țevii elastice sub acțiunea unei presiuni ce acționează prin capătul deschis (fig 3.2.).

d. Capsula armonica este un burduf cu pereții laterali elastici şi interiorul pus în legatură cu un tub Bourdon.

e. Prizele de presiune (de aer) întrebuințate în aviația sportivă sunt:

- trompa Venturi;
- tubul Pittot;
- tubul Braunschwich;

Trompa Venturi se foloseşte la planoarele de viteză mică datorită sensibiltații mari a acesteia. Trompa (tubul) Venturi este un corp deschis al cărui diametru interior se îngustează la aproximativ 1/4-1/5 din lungimea sa, apoi se lărgeşte treptat până la mărimea secțiunii de intrare. În secțiunea micşorată curentul de aer îşi va mări viteza, deci şi energia cinetică, respectiv presiunea dinamică. În baza legii continuității (legea lui Bernoulli) presiunea statică pe secțiune va scădea. Mărimea presiunii dinamice este direct proporțională cu diferența dintre presiunea statică de la intrarea în tub şi cea din secțiunea micşorată. Masurând cu un vitezometru această diferență, vom afla viteza cu care zboară aeronava (fig 3.3.).

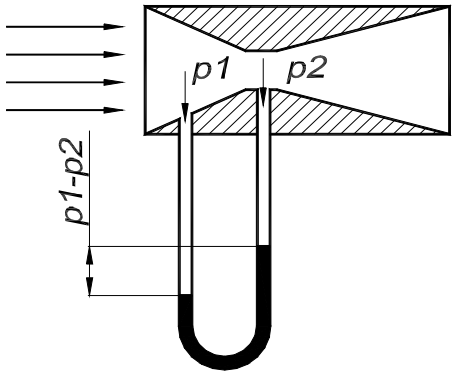


Fig. 3.3. Tubul (trompa) Venturi

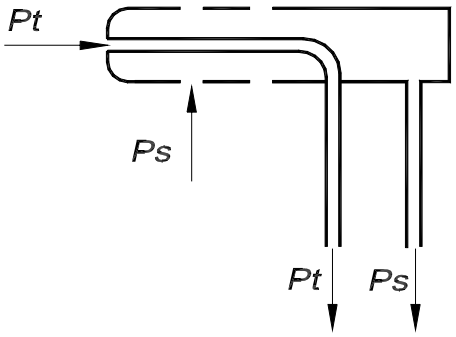


Fig. 3.4. Tubul Pittot

Tubul Pittot este un dispozitiv care înlocuieşte în prezent trompa Venturi. Acest lucru s-a impus datorită simplității constructive a acestuia. Cu ajutorul tubului Pittot se culege din exterior presiunea totală şi presiunea statică.

Presiunea dinamică apare ca efect al vitezei fluidului, perpendicular pe directia de deplasare a fileurilor de aer.

Presiunea statică este presiunea care acționează perpendicular pe o suprafață indiferent de orientarea acesteia, ca efect al greutatii coloanei de aer la inaltimea respectiva. Aceste presiuni, culese cu ajutorul tubului Pittot se introduc în instrumentele de la bordul aeronavei.

La constucțiile actuale, pe planoare, tubul Pittot este inlocuit cu 2 prize, din care una pentru presiunea statică aflată pe fuselaj şi una pentru presiunea totală aflată în bot, pe direcția fileurilor de aer.

Priza de depresiune (tubul Braunschwich) este un dispozitiv care culege presiunea statică diminuată cu o fracțiune proporțională cu presiunea dinamică. Acest dispozitiv se cupleaza la variometrul de energie totală.

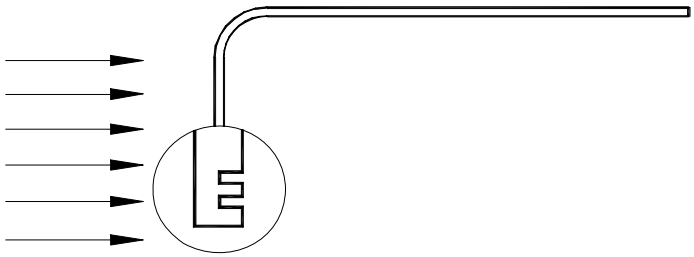


Fig. 3.5. Tubul Braunschwich

4. Altimetrul

Altimetrul barometric este un instrument cu ajutorul căruia se poate determina înălțimea la care zboară aeronava în raport cu locul de decolare sau în raport cu nivelul mării.

Altimetrul cu capsulă are ca traductor o capsulă aneroidă care se deformează odată cu modificările presiunii atmosferice (Ps); vezi (fig. 4.5.).

Capsula se va dilata odată cu scăderea presiunii şi se va contracta odată cu creşterea presiunii. Aceste deformații se transmit prin intermediul unui sistem cu pârghii unui ac indicator care se roteşte in fața unei scale gradate in unități de înălțime.

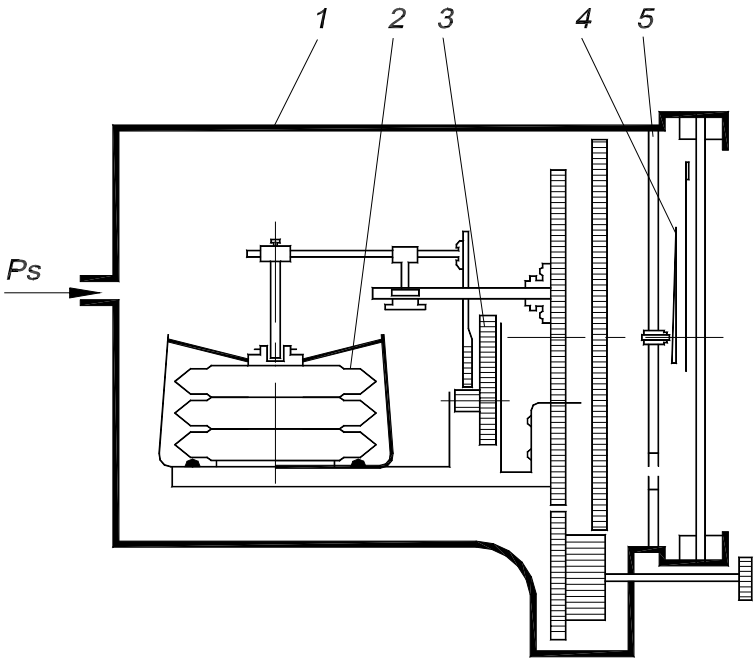


Fig. 4.6. Altimetrul barometric

Altimetrul este format din:
- carcasa de aluminiu sau ebonită prevăzută cu un orificiu pentru cuplarea la priza de presiune statică (1);
- capsula aneroidă pusă în legatură cu un ac indicator printr-un sistem de pârghii (2);
- ac indicator (4);
- sistem de părghii (3);
- scala gradată în metri sau picioare (feet) altitudine (5).

Funcționare: Odată cu cresterea înălțimii, presiunea statică scade, capsula se dilată şi acul indicator ne va indica înălțimea la care ne aflăm.

La scăderea înălțimii presiunea creşte, capsula se comprimă şi acul se va deplasa prin intermediul sistemului de pirghii, indicându-ne noua înălțime.

Altimetrul electric măsoară înălțimea față de sol pe principiul emiterii de semnale electromagnetice.

Măsurând timpul între momentul emiterii şi momentul recepționării semnalului, se determină înălțimea la care se află aeronava față de obstacolele de pe sol (înălțimea reala).

4.1. Calajul altimetric

Necesitatea reglării altimetrului barometric în raport cu presiunea atmosferică în cazul zborului pe căile aeriene, cât şi la celelalte zboruri, pentru a avea o indicație corectă la altimetru în raport cu pragul pistei, a dus la introducerea unei scale barometrice în interiorul instrumentului. Această scală barometrică este vizibilă într-o fereastră a altimetrului şi este gradată în mb sau mm Hg.

Operatiunea de calaj altimetric este descrisa în paragraful 8.1.

5. Vitezometrul

Vitezometrul este instrumentul de bord care indică viteza de zbor a aeronavei față de fileurile de aer (aceasta viteză se mai numeste şi viteză proprie).

Principiul de construcție a vitezometrului se bazează pe măsurarea presiunii dinamice.

Cunoscând densitatea aerului din relația presiunii dinamice se poate calcula viteza:

$$q = \frac{\rho v^2}{2}$$ unde:

q = presiunea dinamică;
r = densitatea aerului;
v = viteza de zbor.
rezultă:

$$v = \sqrt{\frac{2 \bullet q}{\rho}}$$

Deşi instrumentul măsoară o presiune printr-o calibrare corespunzătoare scala vitezometrului este gradată în unități de viteză (km/h).

Constructiv, vitezometrul este realizat din:
- carcasa de aluminiu sau ebonită (1);
- capsula deschisă (2);
- sistem de pârghii (3);
- acul indicator (4);
- scala gradată (5).

Funcționare: capsula se cuplează la priza de presiune totala Pt iar carcasa la priza de presiune statică Ps. Cu cât viteza este mai mare şi presiunea dinamică va fi mai mare.

Pd = Pt - Ps

Capsula se va deforma cu o mărime proporțională cu:

Pt-Ps= (Pd+Ps)-Ps= Pd+Ps-Ps= Pd

Deci capsula se va deforma proporțional cu presiunea dinamică P_d. Aceasta va fi indicată pe scala gradată direct în km/h.

Datorită faptului ca vitezometrul masoară de fapt presiunea dinamică, iar trasarea scalei a fost realizată la joasă înălțime în condiții de densitate constantă a aerului, aceasta va da erori odata cu creşterea înălțimii de zbor. În general în practică se consideră sporirea vitezei reale față de fileurile de aer cu 0.5% pentru fiecare 100 m înălțime.

Exemplu: o aeronavă care are vitezometrul etalonat la nivelul marii (760 mmHg) şi va zbura la 200 m cu viteza de 100 km/h indicată la aparat, va avea în realitate, față de mediul inconjurător, o viteză de cca.101 Km/h.

Corectarea vitezei cu înălțimea este necesară pentru domeniul vitezelor mari pentru a nu depăşi $V_{NE.}$

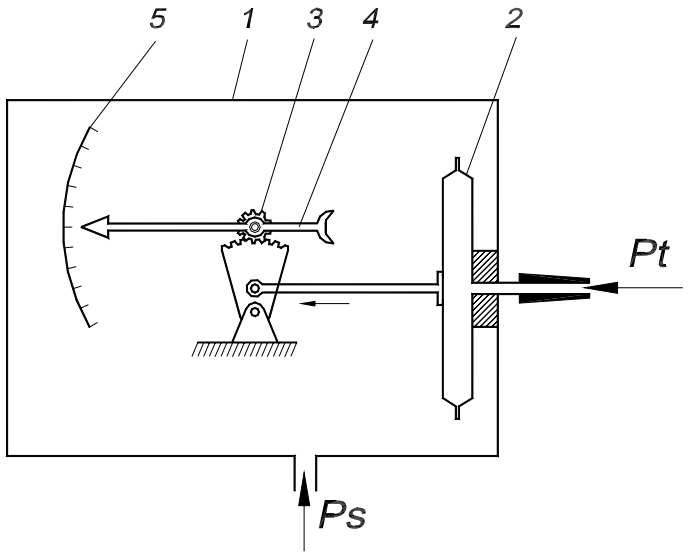


Fig. 5.7. Vitezometrul

6. Variometrul

Variometrul este un aparat (instrument de bord) care măsoară viteza de urcare sau de coborâre a aeronavei (în m/s).

Pentru pilotul planorist acest instrument are o importanță deosebită deoarece în baza acestor indicații va exploata curentul ascendent.

Constructiv variometrele se împart în:

- variometru cu capsulă;
- variometru cu paletă;
- variometru cu bilă;
- variometru electric;
- variometru cu lichid;
- variometru de energie totală.

6.1. Variometrul cu capsula

Variometrul cu capsulă este confecționat dintr-o carcasă de aluminiu sau ebonită [1], o capsulă manometrică [2], un sistem de pârghii [3], un ac indicator [4] şi un termos [5]. Termosul este legat de capsulă prin intermediul unei conducte care are practicată în ea un orificiu capilar [6]. Termosul are rolul de a mări, cu capacitatea sa, volumul capsulei deschise. Se foloseşte termosul

pentru ca această mărire de volum să fie influențată cât mai puțin de variațiile de temperatură ale mediului.

Funcționare: în cazul zborului orizontal, presiunea din carcasă va fi egală cu presiunea din termos-capsulă, acest echilibru fiind realizat prin intermediul tubului capilar. În această situație acul va indica **0** m/s.

În momentul când planorul va începe să urce, presiunea statică va scădea, fapt care va duce la o scădere a presiunii din carcasă față de presiunea din capsula-termos. Acest fapt va determina deformarea capsulei şi respectiv transmiterea acestei deformații acului indicator.

În acelaşi timp, prin spațiul capilar presiunile caută să se egalizeze, dar aceasta se va realiza cu o anumită întârziere.

Dacă planorul urcă cu o viteză constantă, presiunea din carcasă scade continuu, dar în acelaşi timp prin tubul capilar va exista o tendință de egalizare a acestor presiuni. Din acest motiv capsula va rămâne cu o deformație constantă deoarece la un moment dat variația de presiune din carcasă devine egala cu variația de presiune din capsula-termos datorită tubului capilar. Această deformație este cu atât mai mare cu cât viteza de urcare este mai mare.

În momentul când urcarea va înceta, presiunile din carcasă şi capsula-termos se vor egaliza prin tubul capilar, cu o oarecare întârziere, iar acul va reveni la "0". Datorită acestui fenomen indicațiile variometrului au o întârziere de câteva secunde.

La coborâre fenomenul se produce în mod similar, capsula se va contracta datorită faptului ca presiunea din carcasă (Ps) este mai mare decât presiunea din capsula-termos. şi în acest caz va exista tendința de egalizare prin intermediul tubului capilar.

Variometrele de acest tip sunt în general variometrele cu scala gradată pâna la 30 m/s.

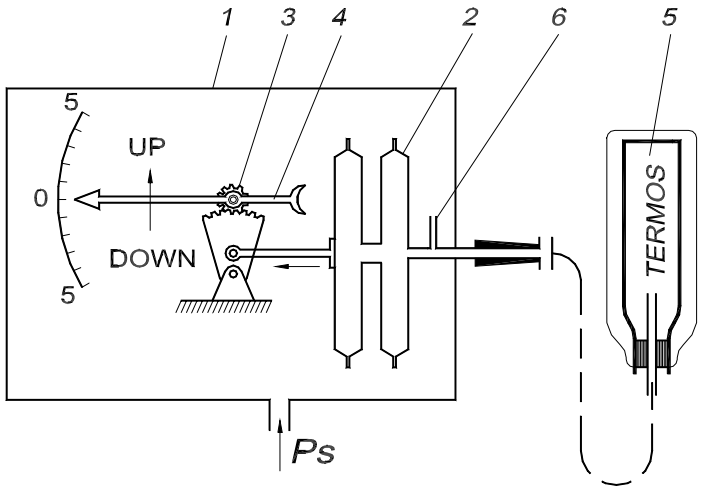


Fig. 6.8. Variometrul cu capsula

6.2. Variometrul cu paletă

Variometrul cu paletă (vezi fig. 6.9.), este construit din urmatoarele elemente:

- carcasa în care se mişcă o paletă (1), care transmite mişcarea unui ac indicator (4);
- paleta (2);
- ac indicator (3);

- scala gradată;
- termos (5);
- spațiul capilar care preia rolul tubului capilar. Acesta este spațiul dintre carcasă şi paletă (6).

Funcționarea este asemănătoare cu a variometrului cu capsulă:

Astfel dacă aeronava urcă, presiunea în spațiul II va fi mai mică decât presiunea din spatiul I-termos şi sub efectul acestei diferențe de presiune, paleta se va deplasa. Această deplasare va fi transmisă acului indicator care ne va arăta valoarea urcării. Totodată există tendința de egalizare a presiunilor prin spațiul capilar (spatiul dintre paletă şi carcasă).

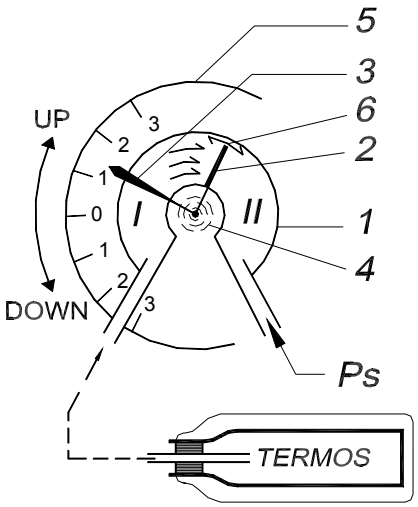


Fig. 6.9. Variometrul cu paletă

Când urcarea va înceta, presiunile se vor egaliza prin spațiul capilar şi acul va reveni la poziția **0** (m/s).

Acest tip de variometru aflat la bordul planoarelor este etalonat pâna la 5 m/s. În cazul urcărilor cu viteze mai mari de 5 m/s, variometrul nu se va defecta deoareace paleta se va lipi de suport, presiunile din termos şi exterior egalizându-se direct. În momentul când scade viteza de urcare, paleta se va dezlipi de suport datorită cuplului asigurat de către resortul spiral şi va indica din nou viteza de urcare în domeniul 0-5 m/s.

Acest tip de variometru este folosit pe planoare pentru centrarea în termică, fiind mai precis şi mai sensibil (scala totala este de 5 m/s).

6.3. Variometrul cu bile

Variometrul cu bile funcționează pe acelaşi principiu ca şi variometrele descrise anterior. Curentul de aer care se naşte din cauza tendinței de egalizare a presiunii dintre exterior şi termos, mişcă bilele din tubul conic de sticlă dupa cum se vede în fig. 6.10, la urcare (a) şi la coborâre (b). Bilele se execută din materiale uşoare şi se colorează în verde pentru urcare şi în roşu pentru coborâre.

6.4. Variometrul electric

La toate variometrele descrise există întârzieri în indicații datorită spațiului capilar. Pentru a se elimina aceste întârzieri s-a construit variometrul electric.

La baza funcționării acestui instrument stă principiul măsurării vitezei maselor de aer prin metoda firului incandescent. Un fir foarte subțire de platină este încălzit electric, curentul de aer a cărui viteză se măsoară raceşte firul şi prin aceasta îi schimbă rezistența electrică.

Măsurarea se bazează pe principiul punții Wheastone, unde pe doua laturi avem rezistențele de platină (d), o sursa de alimentare (E), un aparat indicator şi un po- tențiometru (P) care serveşte la modificarea limitei de măsurare. Potențiometrul foloseşte la aducerea acului în pozitia "0".

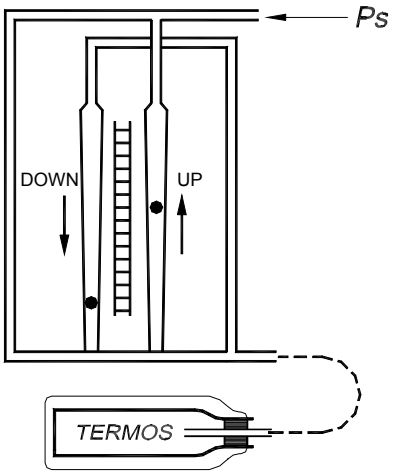


Fig. 6.10. Variometrul cu bile

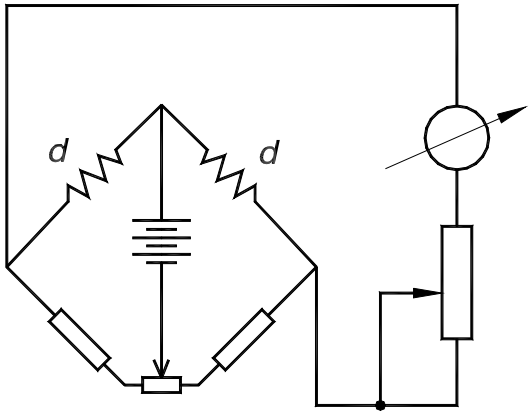


Fig. 6.11. Variometrul electric

6.5. Variometrul cu lichid

Variometrul cu lichid funcționeaza pe principiul manometrului cu lichid (fig. 6.12.).

Deoarece tubul capilar în care se fac citirile este orizontal nu este în concordanță cu sensul fizic al indicației, cât şi datorită faptului că lichidul este influențat de forțele centrifuge şi de inerție, acest tip de variometru nu se foloseşte în practică.

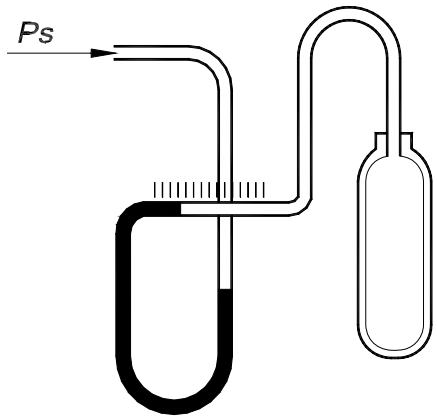


Fig. 6.12. Variometrul cu lichid

6.6. Variometrul de energie totală (VET)

Odată cu apariția variometrului pe planşa de bord s-a revoluționat zborul fără motor. Astfel a fost făcut un pas înainte privind zborul de performanță şi în special zborul în curenți ascendenți termici.

Totuşi variometrele normale au un mare dezavantaj şi anume îşi modifică indicația în funcție de viteza de zbor, adică indică şi urcările sau coborârile datorate mişcărilor manşei în profunzime. Pentru centrarea în căminul termic este important să citim la variometru numai valoarea curentului ascendent în diferite puncte ale spiralei.

Dacă analizăm un zbor cu variometrele normale, vom vedea că pilotul care execută un salt cu o viteză de cca. 120-150 Km/h, când va întâlni o ascendență, va trage de manşă pentru a putea să execute spirale mai strânse şi să zboare în căminul termic în zona de viteză care asigură înfundarea minimă. În acel moment şi variometrul va indica urcare (datorată atât cabrajului planorului cât şi urcării în căminul ascendent), fapt care va duce în eroare pilotul planorist privind valoarea reală a termicii.

VET caută să elimine această deficiență a variometrului normal. Denumirea acestui instrument vine de la faptul că urmareşte modificările de energie totală ale aeronavei:

Et = Ec+ Ep, unde:

Et = energia totală a planorului;
Ec = energia cinetică a planorului ce depinde de viteza de zbor;
Ep = energia de poziție a planorului ce depinde de înălțimea la care se află în zbor. Ținând cont că la zborul normal Et = constant, rezultă că se pot modifica energiile Ec şi Ep una în dauna celeilalte. Astfel dacă viteza va creşte prin împingerea manşei, va creşte şi Ec, iar Ep va scădea (deoarece scade înălțimea de zbor).

Dacă, însă planorul intră într-un curent ascendent, el poate câştiga energie potențială, fără a modifica energia cinetică (Ec), dar în acest caz va creşte energia totală (Et).

Pe pilotul planorist îl interesează tocmai această modificare de energie totală, (Et) datorată curentului ascendent sau descendent.

La mişcările manşei în profunzime VET nu va indica viteza de urcare sau coborâre:

Wt = Wv - W

unde:

Wt este indicația VET;

Wv este indicația variometrului normal;

W este viteza verticală produsă prin transformarea energiei cinetice în energie potențială şi invers.

$$W_v = \frac{1}{\alpha} \bullet \frac{P_h}{d_t} \bullet \frac{1}{P_h} \qquad \alpha \bullet P_h = \rho \qquad \alpha \bullet P_T = \alpha \bullet P_h = \rho$$

$$W_t = -\frac{1}{\alpha} \bullet \frac{d_{Ph}}{d_t} \bullet \frac{1}{P_h} + \frac{d v^2}{d_t} \bullet \frac{1}{2\rho}$$

unde Ph este presiunea statică la înălțimea h.

grupând termenii, vom obține:

$$-\frac{1}{\rho} \bullet \frac{d_{P_T}}{d_t} = \frac{1}{\rho} \bullet \frac{d_{P_h}}{d_t} + \frac{d v^2}{d_t} \bullet \frac{1}{2\rho} \qquad d_{P_T} - d_{P_h} = \frac{\rho}{2g} \bullet dv^2 = d\rho$$

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \bullet v^2 = P_h - q$$

unde q este presiunea dinamică.

Din relația de mai sus se vede că la variometrul de energie totală, față de variometrul normal trebuie să i se aplice diferența dintre presiunea statică şi cea dinamică.

Această soluție se poate obține prin 2 metode:

a. prin folosirea unui variometru normal şi a tubului Venturi modificat în aşa fel că depresiunea din tub să fie proporțională vitezei de înaintare a planorului, adică

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \bullet K$$

unde K = 1 şi este constanta trompei Venturi.

b. prin folosirea unui variometru modificat care se racordează la tubul Pittot. Acest principiu este redat în fig. 6.13.

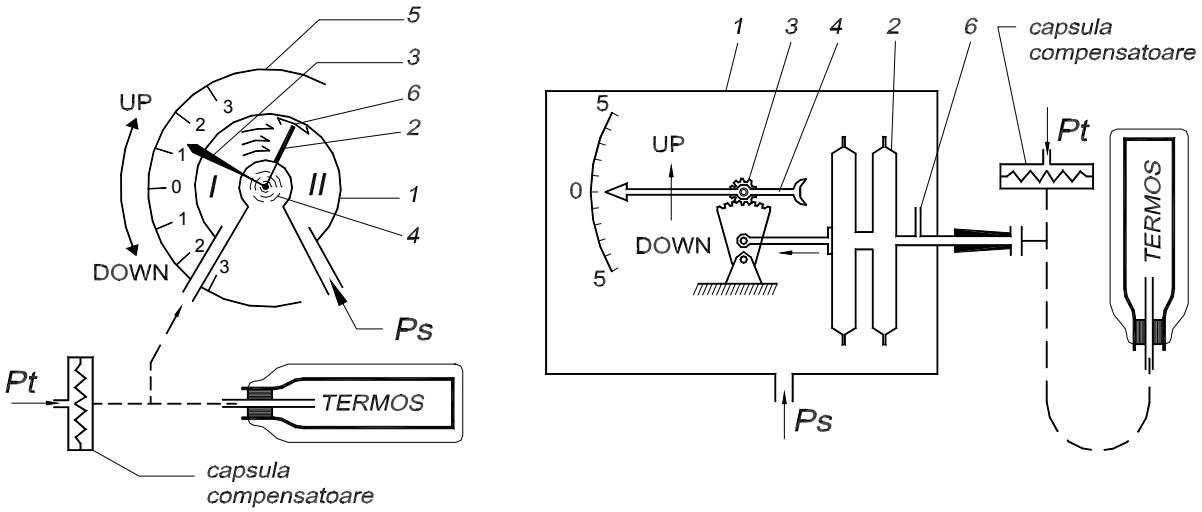


Fig. 6.13. Variometrul de energie totală

După cu se vede, variometrul normal este legat la presiunea statică şi la termos. Paralel cu termosul este legat dispozitivul de compensare prevăzut cu membrană elastică. Membrana este astfel construită ca la variația presiunii totale Pt să-şi schimbe volumul cu d_V, mărind presiunea în termos în mod egal cu creşterea presiunii statice d_{Ps}.

Astfel, dacă împingem de manşă, planorul coboară, creşte Ps, dar în acelaşi timp creşte şi Pt (creşte Pd datorită maririi vitezei). La creşterea Pt membrana se va deforma şi va mări presiunea din termos cu o cantitate egală cu creşterea presiunii statice.

În cazul acționării manşei spre înapoi fenomenele se produc în sens invers. În momentul când planorul urcă în curent ascendent, presiunea statică va scădea, dar presiunea dinamică va rămâne constantă. În felul acesta membrana de compensare nu se va deforma, iar variometrul va indica urcare datorită scăderii presiunii statice.

Această indicație este tocmai valoarea curentului ascendent.

6.7. VET cu priza de depresiune (tub Braunschwich)

In acest caz cuplarea prizei de presiune statică a variometrului normal se va face la o priza de depresiune (tub Braunschwich).

În acest caz, la o creştere suplimentară a vitezei, va rezulta o creştere suplimentară a depresiunii care va fi egală şi de sens contrar creşterii de presiune statică, datorată înfundării suplimentare prin picaj.

Pentru obținerea acestui efect, priza trebuie să capteze o presiune egală cu:

Pp = Ps - q, unde:
Pp = presiune captată de priza Braunschwich;
Ps = presiunea statică;
q = depresiune generată de priză.

Funcționarea variometrului:

La acționarea manşei spre înainte va creşte viteza, deci va creşte q. În acelaşi timp, datorită înfundării suplimentare, va creşte şi Ps. La această priză, creşterea lui Ps este anulată de către supțiunea dinamică q. Acest lucru face ca presiunea de priză Pp să rămână constantă, deci variometrul nu va arăta coborâre. Acelaşi fenomen se va întâmpla şi la acționarea manşei spre înapoi. În momentul când planorul urcă într-un curent ascendent, Ps va scădea în timp ce q va rămâne constantă. Această scădere a presiunii statice va face ca variometrul să indice urcare. Indicația variometrului va fi direct proporțională cu valoarea curentului ascendent.
Pentru ca priza să funcționeze normal, trebuie să aibă coeficientul -1

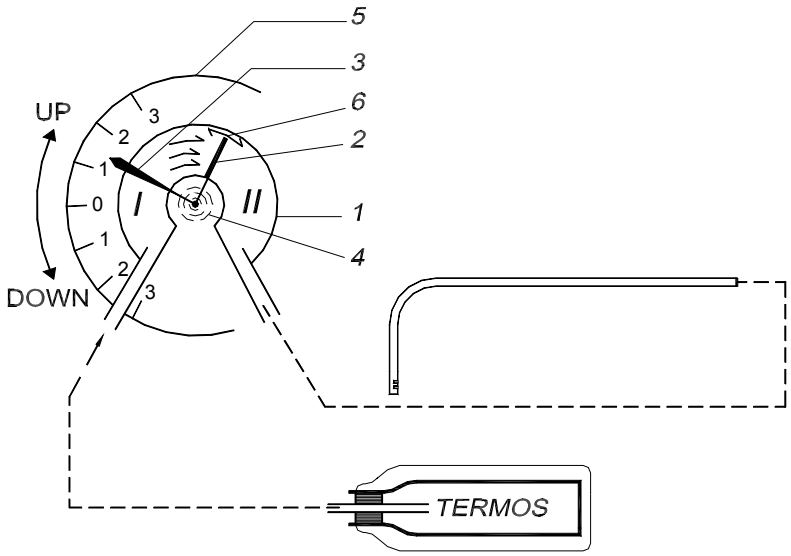


Fig. 6.14. VET cu tub Braunschwich

Chiar dacă priza a fost calibrată la coeficientul **-1**, nu este garantată o funcționare mulțumitoare întrucât depinde şi de zona turbionară a locului unde a fost montată.

In fig. 3.5. se poate observa construcția prizei de depresiune (tubul Braunschwich).

Pentru a verifica priza Braunschwich se va cupla un vitezometru de control Vc între presiunea statică şi priza în aşa fel că stuțul carcasei Ps a vitezometrului să fie cuplat la priză, iar stuțul membranei vitezometrului Pt se cuplează la presiunea statică a planorului. În situația când priza a fost bine calibrată, cele două vitezometre cel de control şi vitezometrul planorului, în timpul zborului, vor indica aceeaşi viteză.

Dacă vitezometrul Vc indică viteză mai mică, depresiunea generată de priză este sub valoarea cerută şi invers (vezi fig. 6.15.).

Compensarea prizei în cazul unei erori cunoscute:

Graficul din figură arată traiectoria indicațiilor în caz de compensare înaltă sau joasă.

Astfel, un variometru subcompensat, în timpul creşterii vitezei de la v_1 la v_2 arată o înfundare mai mare decit înfundarea normala, în timp ce la scăderea vitezei de la v_2 la v_1 va arăta greşit în direcția urcăii. Supracompensarea duce la erori în mod invers, adică la o creştere a vitezei va arăta o înfundare mai mare decât normală.

Dacă după mai multe încercări în zbor vom constata o compensare greşită, va trebui să modificăm priza. La priza cu fantă dublă se poate înlătura subcompensarea prin scurtarea capătului țevii. La supracompensare, țeava trebuie prelungită (de exemplu cu cositor). În general modificări de sutimi de milimetru sunt suficiente pentru compensarea prizei.

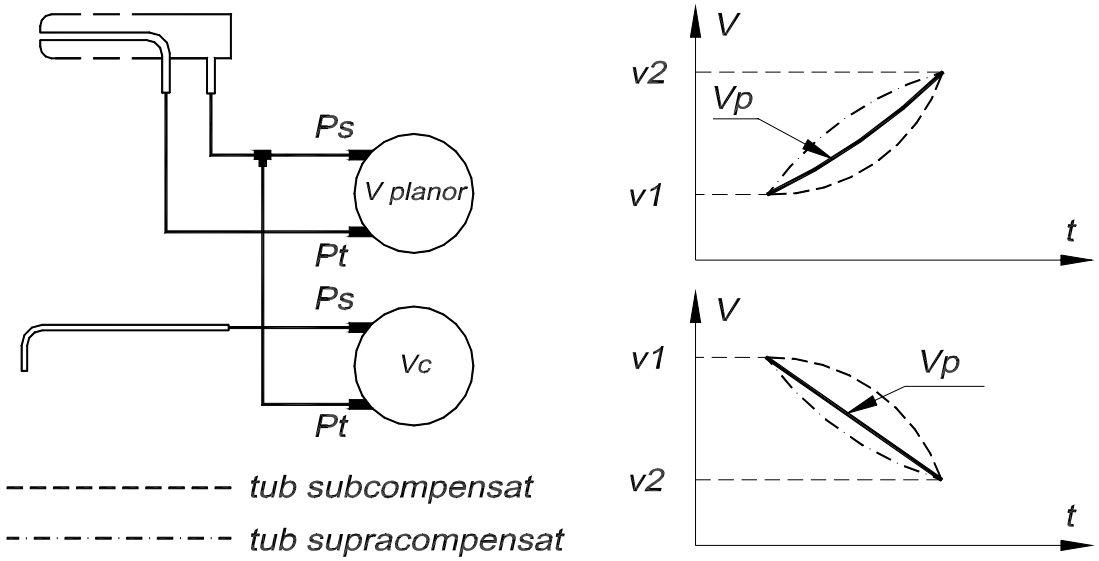


Fig. 6.15. Schema şi grafic de verificare a tubului Braunschwich

7. Indicatorul de viraj şi glisadă

Indicatorul de viraj şi glisadă este compus practic din 2 instrumente:

- indicatorul de viraj si
- indicatorul de glisadă.

7.1. Indicatorul de viraj

Indicatorul de viraj se foloseşte pentru stabilirea direcției şi sensului de rotire a aeronavei fata de axa verticala (axa de giratie), cât şi a mărimii virajului.

Indicatorul de viraj are ca element principal un giroscop cu doua grade de libertate (fig. 7.16.)

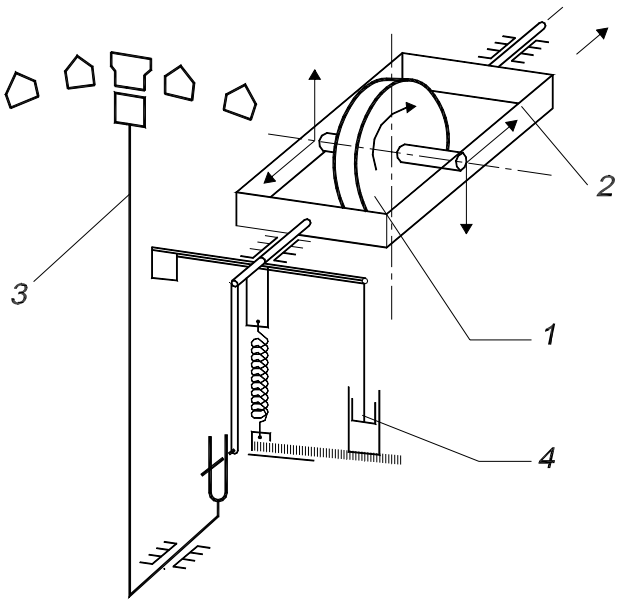


Fig. 7.16. Indicatorul de viraj (giroscopul)

Rotorul giroscopului este acționat de un electromotor de curent continuu [1]. Axul principal al giroscopului şi axul cadrului sau [2] sunt dispuse paralel cu axa logitudinală şi respectiv transversală a aeronavei. Când aeronava execută un viraj are loc rotirea forțată a giroscopului în jurul axei verticale.

Funcționarea indicatorului de viraj se bazează pe proprietatea giroscopului de a-şi păstra planul de rotație. Astfel, când intervine o foță perturbatoare din exterior care tinde să-i schimbe planul de rotație, giroscopul va genera un moment (momentul giroscopic) care va tinde să suprapună pe drumul cel mai scurt vectorul vitezei de rotație proprie a giroscopului cu vectorul forței perturbatoare. În cazul indicatorului de viraj rolul forței perturbatoare îl are forța centrifugă care apare în momentul executării virajului. Deplasarea cadrului giroscopului se transmite acului indicator [3].

Deoarece unghiul de înclinare a cadrului este o funcție de două variabile: unghiul de înclinare a avionului şi viteza de rotire în jurul axei verticale, scala nu poate fi gradată în unități de viteză unghiulară. Din acest motiv instrumentul lucreaza ca un indicator al prezenței vitezei unghiulare în jurul axei verticale şi al sensului de rotire. Deşi nu este făcută o calibrare exactă a aparatului deplasarea unghiulară este proporțională cu accelerația normală apărută in timpul virajului deci implicit cu viteza de rotire.

7.2. Indicatorul de glisadă

Indicatorul de glisadă se montează de regulă, împreună cu indicatorul de viraj, dând astfel posibilitatea, pilotului să aprecieze dacă virajele se execută corect din punct de vedere aerodinamic.

Indicatorul de glisadă reprezintă un fel de pendul, o sferă de metal care culisează într-un tub curbat din sticlă (fig. 6.17.).

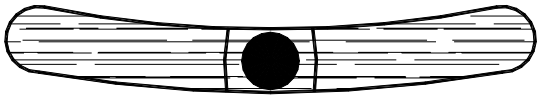


Fig. 7.17. Indicatorul de glisadă (clinometrul)

În zbor orizontal, sub acțiunea greutății, bila va ocupa o poziție între cele 2 repere. În timpul virajului asupra bilei va acționa, în afara forței de greutate şi forța centrifugă şi din acest motiv bila va ocupa o poziție determinată de direcția rezultantei celor 2 forțe. Dacă virajul este executat corect, bila rămâne în centrul tubului, între repere, indicând lipsa oricărei componente orientate în lungul aripii (glisadă sau derapaj). Pentru a amortiza oscilațiile bilei, tubul se umple cu un lichid (toluen, petrol).

8. Compasul de aviație

În practica navigației aeriene se deosebesc următoarele categorii de instrumente pentru indicarea directiei de zbor:

- compas magnetic;
- compas giroscopic;
- compas giromagnetic;
- compas giroinductiv.

Deoarece în planorism se utilizează numai compasul magnetic, în continuare va fi descris acesta.

Compasul magnetic (fig. 8.18.) are ca principiu de funcționare proprietatea acului magnetic de a se orienta pe direcția liniilor de forță ale câmplui magnetic terestru. Această orientare a acului magnetic indică direcția nordului magnetic, iar când este corelat cu utilizarea unei roze gradate oferă posibilitatea menținerii deplasării pe o direcție constantă.

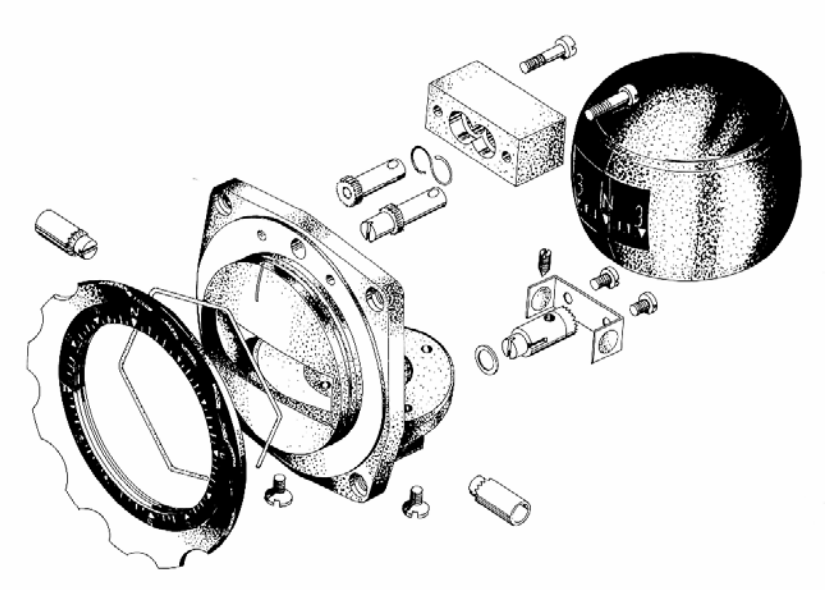


Fig. 8.18. Compasul magnetic

Părtile componente ale unui compas magnetic sunt:
- echipamentul magnetic format din una sau mai multe perechi de ace magnetice [1];
- scala [2];
- plutitorul [3], toate acestea fiind închise într-o
- carcasă umplută cu
- lichid (de amortizare) [5];
- indicele de control [6];
- dispozitivul de compensare [7].

Datorită variațiilor de temperatură, în compunerea compasului de aviație mai există şi o carcasă de compensare formată din una sau mai multe capsule elastice în care intră lichidul când se dilată.

Compasul magnetic va avea anumite erori în indicație datorate faptului că pe glob întâlnim o înclinație şi o declinație magnetică variabile. Totodată vom mai avea erori şi datorită antrenării acelor magnetice şi a rozei gradate în timpul virajelor. Astfel, lichidul se roteşte în sensul virajului datorită inerției şi frecării de pereți. Când virajul încetează, lichidul îşi continuă rotirea din cauza inerției şi antrenează şi acul magnetic câteva grade mai mult față de direcția spre care s-a orientat axa aeronavei.

Pentru a reține mai usor erorile se recomandă metoda de memorare prezentată în tabelul următor.

Metoda de memorare a erorilor comasului magnetic:

DIRECȚIA DE DEPLASARE	MIŞCAREA	INDICAȚIA ROZEI	INIȚIALELE DE MEMORAT
spre sud	viraj stânga	scade	S S S
spre sud	viraj dreapta	creşte	S D C
spre nord	viraj stânga	creşte	N S C
spre nord	viraj dreapta	scade	N D S
spre est	cabraj	creşte	E C C
spre est	picaj	scade	E P S
spre vest	cabraj	scade	W C S
spre vest	picaj	creşte	W C C

Compasul magnetic suferă influența maselor metalice de la bord. Din acest motiv nu va putea indica nordul magnetic ci o alta direcție, **Nordul Compas**. Aceste deviații ale compasului se vor micşora prin operația de compensare. Dupa ce se efectuează această operație de compensare se întocmeşte un grafic (fig. 8.19.) care se afişează la bordul aeronavei:

La calculele de navigație se ține cont şi de acest tabel din care se determină deviația compasului $\mathbf{D_c}$.

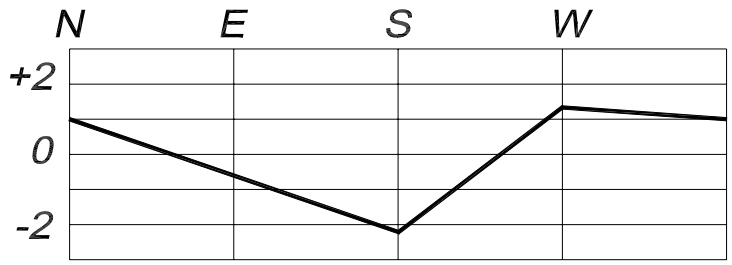


Fig. 8.19. Grafic compensare busola

9. Barograful

Barograful este aparatul care instalat la bordul planorului înregistrează înălțimea la care se execută zborul pe o durata de timp prestabilită.

Barograful funcționeaza ca şi altimetrul, pe baza deformațiilor unei (sau mai multor) capsule aneroide în funcție de presiunea statică (presiunea corespunzătoare înălțimii la care se zboară).

Față de altimetru, care indică doar înălțimea instantanee, barograful va înregistra pe un tambur înălțimea la care se zboară în funcție de timp

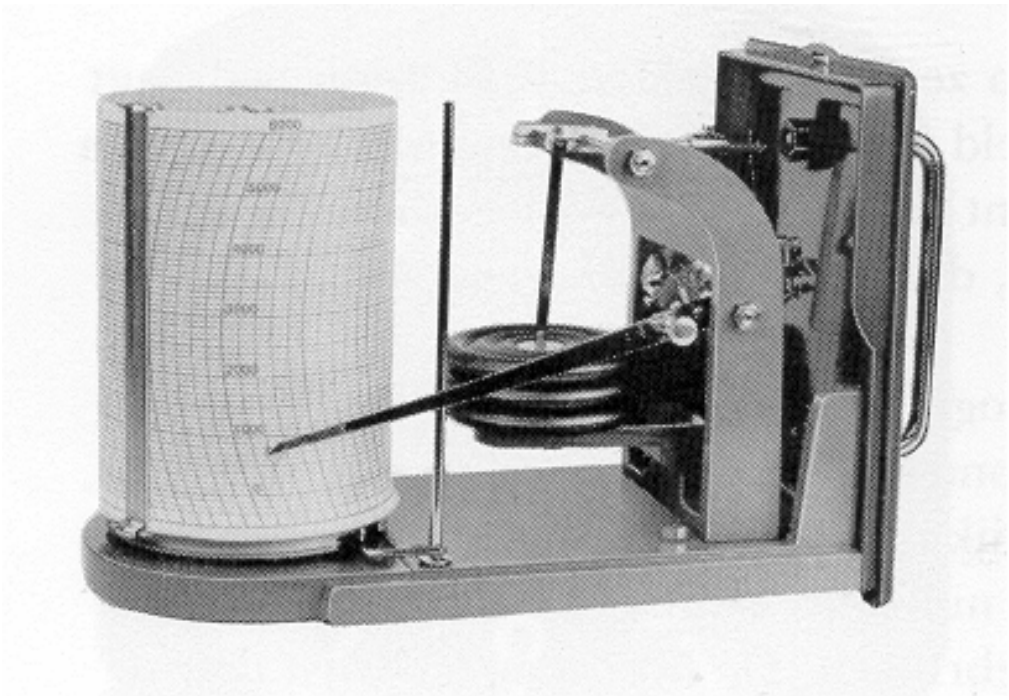


Fig. 9.20. Barograful

Barograful este alcătuit din:
- placa de bază;
- capac;
- capsula pentru presiunea statică;
- capsula aneroidă;
- cilindru;
- sistem de ceasornic sau motoraş electric;
- ac înregistrator;
- sitem de pârghii;
- racord pentru presiunea statică;
- pârghie pentru schimbarea timpului de rotire;
- arc pentru fixarea capacului pe placa de bază (carcasă).

Înregistrarea se poate face pe suport de fum prin zgâriere, sau pe hârtie cu cerneală care conține glicerină. Cerneala cu glicerină nu se usucă pe peniță în timpul funcționării. Durata de rotire a tamburului poate fi stabilita de pilot la 12, 10, 4 sau 2 ore, iar înălțimea pâna la care se poate înregistra urcarea depinde de tipul barografului şi este precizată pe carcasa acestuia. Barograma înregistrată se va interpreta după zbor studiindu-se următoarele elemente de zbor:
- exploatarea termicii;

- executarea saltului d.p.d.v. al duratei, vitezei şi înălțimii inferioare;
- executarea ultimului salt, etc.

Totodată barogramele înregistrate constituie dovada câstigurilor de înălțime necesare obținerii insignelor şi omologărilor recordurilor.

10. Schema de legătură a instrumentelor de bord

Instrumentele de bord, în funcție de sursa de alimentare, se vor racorda la:
- tubul Pittot: vitezometru, variometru, altimetru, VET.
- sursa de curent continuu: giroclinometru, stație radio.

Giroclinometrul (indicatorul de viraj şi glisadă) se va alimenta de la 2 baterii de 4.5 V. C.C., iar stația radio de la acumulator de 12 V. C.C.

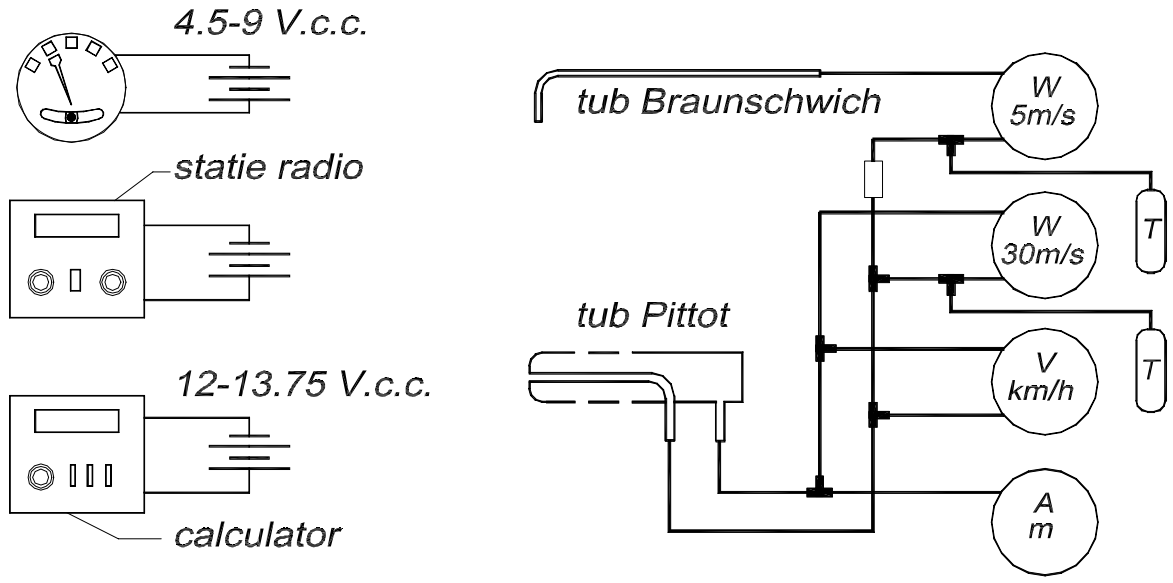


Fig. 10.21. Schema de legătură a instrumentelor de bord

CAPITOLUL VI
PERFORMANȚA UMANĂ ŞI LIMITELE SALE

Introducere

Odată cu intrarea în serviciu, organismul se adaptează noilor condiții de viață şi de muncă, astfel încât - după un anumit stagiu în producție - au loc unele modificări funcționale şi uneori chiar anatomice.

Organismul omenesc este un complex anatomo-fiziologic caracterizat prin aceea că:

- organele şi țesuturile corpului alcătuiesc un tot unitar, activitatea fiecărei părți fiind dependentă de activitatea tuturor celorlalte, deci de activitatea întregului organism;
- organismul uman alcătuieşte un tot unitar cu mediul înconjurător (aer, alimente, condiții meterorologice), sub influența căruia el suferă în permanență transformări;
- această unitate interdependentă se realizează prin intermediul sistemului nervos, care stabileşte continuu legături între factorii de mediu - externi şi interni - pe calea reflexelor complexe între excitație şi reactivitate, în scopul atingerii unui echilibru care constituie adaptarea.

Igiena urmăreşte ca procesul de adaptare să se instaleze fără a dăuna organismului, fie adaptându-se factorii de mediu necesităților organismului, fie adaptându-se organismul la anumiți factori de mediu, în limitele parametrilor fiziologici.

Între organism şi mediu au loc unele schimburi, dintre care cele mai importante sunt respirația şi alimentația.

- *Respirația* este un schimb între organism, care cedează dioxidul de carbon rezultat din arderile interne, şi mediu, care - la rândul lui - îi oferă acestuia aerul, din care îi ia oxigenul. La locurile de muncă pot fi însă prezente în aer diferite nocivități, ca pulberi, gaze, vapori, care - depăşind anumite concentrații pe metrul cub de aer - pot fi dăunătoare organismului pe cale respiratorie sau cutanată, ceea ce determină bolile profesionale.
- *Alimentația* constă în luarea din mediul extern a unor substanțe - apă, săruri minerale, vitamine, proteine, lipide şi glucide - necesare organismului care le prelucrează, oferind fiecărui organ ceea ce îi trebuie, şi elimină sub formă de urină şi fecale ceea ce nu-i este trebuincios. Alimentația carențială, în unul sau mai mulți factori alimentari, precum şi cea supradozată în raport cu necesitățile duc la boli de nutriție, cu înrâurire nefavorabilă asupra tuturor organelor.

1. Factori umani

1.1. Factorii umani în aviație

Atât factorii de mediu ai macroclimatului, cât şi cei ai microclimatului sunt aceeaşi, adică: presiunea atmosferică, temperatura şi umiditatea aerului, mişcarea aerului, încărcarea sa electrică, radiațiile solare, accelerația, zgomotele şi trepidațiile. Toți aceşti factori fizici ai

mediului, în care se desfăşoară viaţa şi activitatea omului, variază între anumite limite extreme, înăuntrul cărora se plasează parametrii fiziologici.

1.2. Factorii fizici principali care acţionează asupra omului în timpul zborului

Mediul natural de viețuire al omului este aerul, cu toate caracteristicile şi variațiile sale, de la nivelul solului. Învelişul gazos al sferei pământeşti se numeşte atmosferă, iar meteorologia este o ştiință - ramură a geofizicii - care se ocupă cu studiul fenomenelor atmosferice.

1) Atmosfera: Straturile componente ale atmosferei, troposfera, stratosfera şi ionosfera, au caracteristici diferite. Acestea au fost prezentate la capitolul Meteorologie

2) Clima: Se înțelege prin climă totalitatea fenomenelor meteorologice (temperatură, vânturi, precipitații atmosferice etc.) care caracterizează starea atmosferei la nivelul solului într-un anumit loc geografic. Fenomenele meteorologice, în diverse anotimpuri, în natură liberă - la câmp, în pădure, pe munte - constituie macroclimatul, iar aceleaşi fenomene meteorologice, care se întâlnesc în spații închise, în interiorul încăperilor, al vehiculelor sau al aeronavelor - deci de valori deschise - constituie microclimatul.

a) *Macroclimatul*, fiind în funcție de condițiile naturale ale vecinătăților, nu poate fi decât cu greu modificat de către om, prin plantări masive, creare de lacuri mari de acumulare, barând apele curgătoare, etc.

b) *Microclimatul*, în schimb, fiind în funcție de construcția încăperii, a vehiculului terestru, acvatic sau aerian, poate fi modificat atât prin elementele de construcție, cât şi prin agregate de întreținere a aerului condiționat la anumite valori ale factorilor meteorologici, privind temperatura, umiditatea, curenții, compoziția chimică, etc.

3) Presiunea atmosferică: Acest factor uman a fost prezentat în cadrul capitolului meteorologie.

4) Radiația solară: Totalitatea radiațiilor, pornite de la soare şi ajunse în troposferă, constituie radiația solară care este în funcție de activitatea solară, de anotimp, de puritatea atmosferei, de altitudine şi de poziția diurnă solară pe bolta cerească. Această totalitate de radiații, descompusă în radiațiile componente, constituie spectrul de energie radiantă al soarelui. Fiecare fel de radiație solară îşi are denumirea proprie şi proprietăți specifice, aşa cum se arată în cele ce urmează.

a) *radiațiile luminoase* compun lumina alba, de zi, de intensitate maximă când poziția soarelui este la zenit, deasupra capului. Ele conțin cele şapte culori fundamentale cunoscute sub denumirea de spectru solar - roşu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo şi violet - fiecare având lungimi de undă diferite, cea mai mare la roşu şi cea mai mică la violet.

b) *radiațiile calorice, infraroşii*, se găsesc la periferia spectrului solar, spre roşu, şi au o lungime mare de undă.

c) *radiațiile chimice ultraviolet* sunt situate spre violet şi au o lungime scurtă de undă.

5) Altitudinea: Pe măsura creşterii altitudinii, scade densitatea aerului - care se rarefiază -, scade umiditatea şi scad aerosolii din suspensia aeriană, astfel încât, subțiindu-se acest filtru ocrotitor al pământului, are loc o creştere a intensității tuturor radiațiilor solare, îndeosebi a radiațiilor ultraviolete şi a celor infrafoşii.

6) Temperatura aerului: Aceasta variază în funcție de mişcarea de revoluție a pământului în jurul soarelui, adică de anotimpuri, de mişcarea de rotație a pământului în jurul axei sale, adică de poziția aparentă a soarelui pe cer determinând ziua şi noaptea, de poziția

locului față de latitudinea nordică şi sudică, de poziția locului georgrafic față de relief - munți, dealuri, mări, oceane - respectiv de altitudine, curenți de aer, vânturi, umiditate, nori, ceață, ploaie, zăpadă, etc. Se deosebesc, deci, două zone mari: zona rece şi zona caldă.

a) în *zona rece* predomina zăpadă, cu mare putere de reflexie a radiațiilor, mărind intensitatea radiațiilor vizibile - luminoase - şi a celor ultraviolete, cu temperatura medie între - 7^0C şi 13^0C şi cu vânturi frecvente şi puternice, cu viteza de 4-7 până la 20 m/s. Aceasta este zona de pornire a anticicloanelor.

b) în *zona caldă* predomină radiația solară calorică, deci radiațiile infraroşii, care determină o temperatură ridicată, o rarefiere a aerului, cu mişcări vertical ascendente şi descendente şi cu zona de pornire a cicloanelor.

7) Electricitatea atmosferica: În atmosferă, electricitatea este de natură statică, sub formă de ioni pozitivi şi negativi, intensitatea sa variază în funcție de cantitatea elementelor radioactive şi de radiația solară, precum şi de intensitatea undelor electromagnetice şi a radiațiilor gama. Intensitatea radiațiilor cosmice primare scade prin creşterea presiunii şi a temperaturii, deci creşte odată cu altitudinea.

8) Umiditatea atmosferică: Acest factor a fost prezentat în capitolul meteorologie aeronautică.

9) Mişcarea aerului: Păturile de aer, mişcându-se, dau naştere vântului, care se prezintă sub formă de curenți de aer, la diverse niveluri față de sol, în diverse direcții şi cu diverse viteze. Crescând altitudinea, deci aerul rarefiindu-se, creşte şi viteza vânturilor. Viteza de până la 5 km/h o are un vânt foarte uşor. Crescând viteza de deplasare a aerului, vânturile au diverse tării, cu viteze intre 10 şi 400 km/h, când se transformă în furtuni şi uragane.

10) Forțele mecanice: În timpul zborului forțele mecanice variază invers proporțional cu altitudinea, şi anume cu cât creşte altitudinea, cu atât scad forța de atracție universală, valoarea forței gravitaționale a pământului, greutatea corpului aflat în zbor - până la imponderabilitate - ele fiind într-o anumită corelație progresivă şi cu viteza de zbor.

11) Accelerația aeronavei: Pentru o aeronavă, accelerația este determinată de variațiile vitezei de mişcare, ca intensitate şi direcție, şi de modificarea lor simultană. Ea poate fi liniară - pozitivă la decolare şi negativă la aterizare - şi poate fi radială sau unghiulară, la viraje. În timpul accelerației de decolare, călătorii sunt deplasați înapoi, iar la aterizare - înainte. În timpul aterizării forțate, accelerația liniară este maximă, iar tendința de deplasare a călătorilor spre înainte este bruscă şi, deci, periculoasă.

12) Zgomotul: Caracteristica zborului unei aeronave este zgomotul generat de vibrațiile aerului, datorită elicei care spintecă aerul, eşapamentului motorului şi curenților de aer care izbesc părțile avionului, având intensitatea maximă în fața aeronavei.

Zgomotul se măsoară în unități de măsură speciale, numite decibeli, cu aparatură specială. Zgomotul de intensitate maximă suportabil de către om un timp mai îndelungat nu trebuie să depăşească 60-70 dB. Intensitatea zgomotului aeronavelor care zboară cu viteze de până la 875 km/h depăşeste 130 dB, avioanele supersonice produc zgomote de 180 dB, iar rachetele de 195 dB, motiv pentru care interioarele aeronavelor sunt prevăzute cu izolație fonică pentru reducerea zgomotului - la locul echipajului şi al călătorilor - sub 70 dB.

1.3. Competența şi limitări

Există factori care influențează deprinderea, fie în mod pozitiv, fie negativ. Dintre aceştia trebuie reținuți următorii:

- interesul față de profesie, când există şi cu cât există mai pronunțat cu atât deprinderile se instalează mai repede şi mai bine;
- starea generală de sănătate fizică şi psihică, care cu cât este mai bună, cu atât mai mult influentează pozitiv deprinderile şi invers;
- cu cât experiența din trecut este mai mare în domenii similare sau în acelaşi domeniu, cu atât deprinderile sunt influențate mai pozitiv;
- autocontrolul permanent al calității deprinderilor conduce la perfecționarea lor;
- simplitatea structurii deprinderilor conduce spre măiestria deprinderilor de zbor.

Condițiile meteorologice anormale, dificile modifică structura deprinderilor normale de zbor şi influențeaza negativ echipajul.

1.4. Formarea pilotului competent

1.4.1. Abordarea tradițională a "îndemânării": Posibilitatea funcțională a organismului de a face față muncii în timpul admis ca necesar, cu aceeaşi intensitate şi calități constituie capacitatea de muncă. Factorii principali care influențează capacitatea de muncă sunt:

- deprinderea motorie;
- antrenamentul;
- regimul de viață;
- regimul de muncă;
- stările emotive;
- starea de sănătate;
- condițiile de mediu.

a) *Deprinderea motorie:* Dobândirea deprinderii motorie se câştigă numai prin muncă şi prin exercițiu. Munca constă în executarea diferitelor mişcări cu un anumit scop, coordonate de sistemul nervos central, în special de scoarța cerebrală. La început mişcările sunt gândite, iar ulterior unele sunt realizate în mod reflex automat. La dobândirea deprinderilor motorii, în afară de experiența proprie, mai participă şi experiența altora, transmisă prin cuvântul vorbit, prin demonstrații şi prin lecturi.

b) *Antrenamentul:* Fiind o repetare a mişcării exercițiul face să se concentreze în scoarța cerebrală numai acele mişcări care sunt absolut necesare, exercițiile inutile eliminându-se treptat prin procesele de inhibiție ale scoarței cerebrale. Astfel efortul inutil şi mişcările de prisos dispar iar energia este consumată strict doar pentru efectuarea mişcării solicitate cu maximum de economie pentru organism.

c) *Deprinderea de zbor:* În meseria de aeronavigant deprinderea constituie un imperativ. Ea este o acțiune cu un anumit scop, bine însuşită care depinde de stereotipul dinamic realizat prin antrenament. Deprinderea de zbor ia naştere prin exerciții, când acțiunea ca parte componentă a compexului deprinderii de zbor este dirijată, organizată şi repetată de mai multe ori, ceea ce conduce la accelerarea ei deci la scurtarea timpului de efectuare. Acțiunea trebuie să fie corectă şi de bună calitate pentru a îmbunătăți deprinderea de zbor, care se manifestă ca un sentiment de uşurare, de mulțumire, de emoție pozitivă atunci când viitorul aviator constată el însuşi sau i se spune că acțiunea a reuşit.

Fazele deprinderii:

- faza preliminară se caracterizează prin lipsa de dexteritate, când acționează mintal, intelectual, senzorial;
- faza de formare se caracterizează prin mişcări repetate;
- faza de menținere;
- faza de înaltă automatizare.

1.4.2. Abordarea factorilor umani către "profesionalism": Pentru a ajunge la profesionalism personalul aeronavigant trebuie să fie bine antrenat, să aibă un pachet vast de cunoştiințe în domeniul zborului, iar din punct de vedere medical acesta trebuie să fie perfect sănătos. Acest lucru se verifică anual în cadrul unor examene medicale cu specific de aviație (barocamera, scaun giroscopic). În cadrul vizitei medicale periodice se urmăresc parametri de rezistență umani şi se încearcă îmbunătățirea acestora prin diferite metode bine stabilite.

1.5. Statistici de accidente

În anul 1999 au avut loc zece evenimente de zbor din care opt au fost datorate erorilor umane, iar două au avut loc din motive tehnice. De-a lungul anilor statistic s-a demonstrat că majoritatea evenimentelor de zbor s-au datorat erorilor umane. Pentru a se reduce numărul acestor evenimente s-a ceat serviciul "Securitatea zborului" care se ocupă cu informarea personalului navigant în acest domeniu şi cu luarea de măsuri pentru a creşte siguranța zborului.

Evenimentul de zbor poate fi catalogat ca accident sau incident.

Accidentul poate fi:

- catastrofă (când mor mai mulți oameni, iar aeronava este distrusă complet);
- accident grav (când pilotul moare, iar aeronava este distrusă complet);
- rupere (când pilotul este rănit, iar aeronava este distrusă în proporție de 60%);
- avarie (când aeronava este distrusă în proporție de sub 50%).

Incidentele pot fi:

- serioase (când apar pe parcursul decolării şi aterizării, cu distrugerea aeronavei în proporție de până la 10%;
- obişnuite (care apar pe parcursul întregului zbor şi sunt rezolvate corespunzator).

1.6. Concepte de siguranță a zborului

- Conceptul metodico-organizatoric de zbor;
- Conceptul tehnic de exploatare;
- Conceptul psiho-medical;
- Conceptul stiințific.

2. Fiziologia aeronautică de bază şi întreținerea sănătății

2.1. Bazele fiziologiei zborului

2.1.1. Stratificarea atmosferei: Atmosfera este stratificată după cum urmează:

- troposfera - de la nivelul solului între 8 - 18 km;
- stratosfera - de la nivelul troposferei între 18 - 90 km;
- ionosfera - de deasupra stratosferei între 90 - 800 km.

Troposfera este mediul unde navighează avioanele caracterizat prin scăderea progresivă în altitudine a temperaturii şi a presiunii, având straturi neomogene de aer în mişcare sub formă de curenți.

Troposfera este constituită din gaze într-o anumită proporție: azot 78,9%; oxigen 20,95%; argon 0,93%; bioxid de carbon 0,03%. Restul de câteva sutimi îl formează gazele rare cum ar fi: hidrogenul, heliu, radonul, neonul, criptonul, xenonul, metanul, ozonul. Cu toate că aceste gaze au greutăți specifice diferite, din cauza mişcărilor atmosferei nu se pot stratifica în raport cu densitatea lor aşa că până la altitudinea de cca. 70 km compoziția aerului este aproape omogenă.

2.1.2. Necesarul de oxigen pentru țesuturi: În timpul zborului, funcțiunea respiratorie poate suferi cel mai mult din cauza scăderii presiunii atmosferice, care atrage după sine o scadere concomitentă a presiunii parțiale a oxigenului din aer.

La sol, plămânii nostri absorb pe minut o capacitate de oxigen suficientă nevoilor de funcționare a organismului omenesc, datorită excedentului de presiune a oxigenului atmosferic asupra oxigenului pulmonar.

La înălțime presiunea oxigenului scăzând, organsimul se găseşte în situația de a depune un efort respirator suplimentar pentru a absorbi oxigen necesar, putându-se adapta acestei situații până la cca. 3500 - 4000 m (această înălțime variază cu aptitudinilile individuale ale zburătorului în condițiile monotone de zbor).

La înălțimi mai mari organismul nu mai poate compensa printr-un efort de respirație, lipsa de oxigen, de aceea este necesar un aparat special, inhalatorul de oxigen, care să-l alimenteze.

2.2. Sistemul respirator şi circulator

a) *Sistemul respirator* manifestă o scădere a capacității pulmonare, prin faptul că scade aerul pulmonar de rezervă în cel complimentar, capilarele sanguine pulmonare sunt congestionate, mişcările respiratorii cresc ca frecvență pe minut peste 16, cât este normal în repaus la adult, dar amplitudinea (profunzimea) lor este mică, adică respirația este frecventă dar superficială, ceea ce implică o scădere a aportului de oxigen prin inspirație şi o diminuare a eliminării bioxidului de carbon prin expirație.

b) *Sistemul circulator* se manifestă prin creşterea pe minut a volumului cardiac, ceea ce implică o suprasolicitare a inimii, manifestată prin accelerarea pulsului de la 70 pe minut cât este normal până la 120 - 150 bătăi pe minut, deci o frecvență crescută a contracțiilor cordului. Aceste simptome circulatorii sunt însoțite şi de tensiunea emoțională din timpul zborului, care şi ea face să crească viteza de circulație adică tensiunea sistolică. Aceste reacții cardiovasculare sunt reacții compensatorii de adaptare la altitudine, pentru a mări aportul de oxigen, a creşte irigarea cu sânge a creierului, a cordului şi a pulmonului, paralel cu scăderea irigării sanguine a muşchilor şi a celorlalte organe, inclusiv pielea, care marchează paloarea tegumentelor. Pe de altă parte scăderea bioxidului de carbon aduce o micşorare a debitului sanguin la nivelul creierului şi cordului, paralel cu mărirea dilatației maselor periferice, care condiționează astfel congestia tegumentelor anterior palide.

În sânge scade cantitatea de hemoglobină, care este suportul de transport al oxigenului de la plămân la țesuturi şi al bioxidului de carbon în sens invers.

Acțiunea decompresiei rapide asupra organismului uman în timpul zborului:

Odată cu zborurile în stratosferă, în aviația modernă s-au impus cabinele presurizate care asigură menținerea unei presiuni barometrice mult crescută față de cea a înălțimii de zbor şi menținerea unei temperaturi optime, constantă în interiorul cabinei. Dezavantajul major al acestor cabine presurizate este reprezentat de posibilitatea deteriorării lor, caz în care presiunea din interior devine egală cu cea a atmosferei înconjurătoare, acesta este fenomenul de decompresie care, după viteza de realizare poate fi lentă, rapidă sau explozivă. Decompresia rapidă se realizează într-un timp foarte scurt. Acest tip este condiționat de:

- altitudinea la care se produce decompresia;
- diferența de presiune realizată în cabină;
- tipul în volumul cabinei;
- dimensiunile orificiului de comunicare cu exteriorul.

În condițiile decompresiei, asupra organismului acționează în primul rând scăderea presiunii barometrice care antrenează o serie de tulburări din partea organelor cavitare abdominale, a urechii medii, a sinusurilor feței şi din partea aparatului respirator. Un alt element care reprezintă un real pericol în cazul decompresiei este hipoxia. Acțiunea acestui factor este însă anihilată de aparatul de oxigen şi de costumele folosite astăzi în aviație.

Posibilitatea apariției tulburărilor de decompresie nitroembolice constituie un alt risc important al decompresiei.

În timpul decompresiei un mare număr de mecanoreceptori de la nivelul pulmonilor, căilor respiratorii superioare, tractului gastrointestinal, sinusurile feței şi urechii mijlocii sunt supuşi unor puternice excitații care sunt transmise centrilor nervoşi superiori, acest mecanism ar putea explica modificările tensiunii arteriale, creşterea tensiunii lichidului cefalorahidian sau bradicardia, fenomene care se întâlnesc în timpul producerii decompresiei. Efectele negative ale decompresiei pot fi diminuate printr-o corectă selecție medicală a personalului navigant ce execută zboruri la mare înălțime şi prin aplicarea tuturor măsurilor adecvate de profilaxie.

Accelerații

Influența accelerațiilor din timpul zborului asupra organismului pilotului şi mijloace de întărire a rezistenței organismului la acțiunea accelerațiilor

În timpul zborului piloții pot fi supuşi acțiunii următoarelor tipuri de accelerații:

- accelerații rectilinii;
- accelerații centripete şi radiale (cele mai frecvente);
- accelerații unghiulare;
- accelerații Coriolis.

Influența exercitată de accelerații asupra organismului depinde de:

- valoarea accelerațiilor;
- tipul de acțiune al accelerațiilor;
- gradientul accelerațiilor;
- direcția accelerațiilor în raport cu axul corpului;
- frecvența acțiunii accelerațiilor;
- starea organismului supus acțiunii accelerațiilor.

În cazul acțiunii accelerațiilor centripete în direcția cap - bazin (cazul cel mai frecvent), tulburările produse în organism sunt în special de ordin circulator, prin mecanismele sale

neuroreflexe, organele caută să corecteze continuu efectele mecanice ale accelerațiilor. Pe lângă tulburările circulatorii sunt remarcate şi unele modificări ale activității nervoase superioare. Accelerațiile care acționează în direcția bazin-cap produce tulburări mult mai severe decât precedentele. Omul tolerează cel mai bine accelerațiile care acționează în direcția piept-spate sau spate-piept. Accelerațiile Coriolis prezintă importanță prin acțiunea exercitată asupra labirintului urechii.

Factorii de care depinde toleranța organismului la acțiunea accelerațiilor sunt grupate în următoarele categorii:

1) *Factori ai zborului*: direcția de acțiune a accelerațiilor, valoarea accelerațiilor, durata de acțiune a accelerațiilor, direcția pe care se exercită accelerația, condițiile de microclimat ale cabinei avionului, scăderea presiunii parțiale a oxigenului inspirat.

2) *Factorii fiziologici*: oboseala, efortul muscular intens, alimentația nerațională, antrenamentul fizic.

3) *Factorii patologici*: afecțiuni febrile, afecțiuni gastrointestinale, afecțiuni anoxemiante, intoxicații cu alcool şi tutun.

Mijloacele cu ajutorul cărora se poate mări rezistența organismului la acțiunea accelerațiilor se grupează astfel:

- mijloace de călire şi întărire a organismului;
- antrenamente speciale;
- mijloace tehnice speciale;
- regim de muncă, odihnă şi alimentar rațional.

3. Omul şi mediul; sistemul senzorial

a) *Sistemul nervos central şi periferic*: Legătura organismului cu mediul înconjurător, precum şi reglarea activității țesuturilor, organelor şi sistemelor de organe sunt realizate de sistemul nervos. Prin intermediul acestuia, organismul se orientează în lumea înconjurătoare şi se adaptează la condițiile de viață, adică se integrează în mediu. Sistemul nervos reprezintă totalitatea țesuturilor diferențiate în vederea recepționării, transmiterii şi integrării informațiilor sau mesajelor privite din exteriorul sau interiorul corpului şi elaborarea răspunsurilor adecvate acestor informații, mesaje.

Informațiile, mesajele culese din lumea exterioară asigură viața de relație a individului, iar cele culese din interiorul organismului asigură viața şi funcționarea organelor şi țesuturilor.

În concluzie, putem scrie că sistemul nervos, are rolul de a pune organismul în legătură cu mediul înconjurător, de a-l adapta față de condițiile mereu în schimbare ale acestuia, stabilind prin aceasta unitatea dintre organism şi mediu, precum şi de a conduce şi coordona funcțiile tuturor țesuturilor, organelor şi sistemelor de organe realizând prin acesta, alături de sistemul conjunctiv şi cel endocrin, unitatea organismului.

Sistemul nervos central este format din encefal şi măduva spinării.

Sistemul nervos periferic este format din ganglioni şi din nervi.

b) *Pragul senzorial:* Desfăşurarea activității şi respectiv comportamentul individual de pilotaj se bazează pe informație. De alminteri nici nu se poate concepe un proces de reglare în sfera utilizării unei informații adecvate şi suficiente din punct de vedere cantitativ. Componenta senzorială are tocmai rolul de a selecta şi recolta informații utile pentru elaborarea şi efectuarea operațiilor sau acțiunilor reglatoare.

c) *Adaptabilitatea* exprimă capacitatea sistemului de a-şi modifica traiectoria comportamentală sub influenţa unor factori noi din mediu şi de a elabora răspunsuri de natură să-i menţină echilibrul şi indicatorii de eficienţă. Această proprietate depinde mai ales de sistemul de comandă, care recepţionând şi prelucrând informaţia, poate testa şi stabili atât noutatea situaţiilor de la intrarea sistemului cât şi semnificaţia lor.

d) *Reflexe:* Sistemul nervos central, care prin nervii senzitivi, primeşte ştiri din fiecare organ despre starea funcţionalităţii lui, determină prin impulsurile pe care le trimite, o anumită ordine şi un anumit nivel de funcţionare al organelor şi sistemelor de organe din organism. Această coordonare care se realizează prin sistemul nervos, se numeşte coordonare nervoasă sau coordonare reflexă.

Coordonarea reflexă poate prezenta două aspecte: coordonarea reflex-necondiţionată şi coordonarea reflex-condiţionată.

Coordonarea reflex-necondiţionată este coordonarea pe care organismul o are din momentul naşterii, de aceea se mai numeşte coordonare reflexă înnăscută.

Coordonarea reflex-condiţionată este condiţionarea pe care organismul o dobândeşte în timpul vieţii, de aceea se mai numeşte coordonare reflexă dobândită.

e) *Vederea:* Simţul văzului are alături de simţul auditiv şi cel kinestezic, rolul important de orientare conştientă în spaţiul şi în menţinerea echilibrului corpului.

- *Câmpul vizual* - prin câmpul vizual al unui ochi, înţelegem acea parte a lumii externe cuprinsă de ochiul respectiv atunci când privirea sa este fixată într-o direcţie anumită. El este determinat de celulele fotosensibile aflate la periferia retinei (vedere periferică). Ele au rolul important în lărgirea câmpului vizual necesar în orientarea în spaţiu, în precizarea formei, mărimii şi distanţei corpului în natură. Câmpul vizual al fiecărui ochi cuprinde în meridianul orizontal un unghi de circa 160^0 iar în meridianul vertical un unghi de 145^0. Printr-o linie verticală care trece prin punctul de fixare, câmpul vizual este împărţit într-o parte extremă sau temporală care are o deschidere de circa 100^0 şi o parte internă sau nazală, care are o deschidere de circa 60^0, iar printr-o linie orizontală este împărţit într-o poziţie superioară şi una inferioară. Razele luminoase care provin din jumătatea temporală cad în jumătatea nazală a retinei, iar acelea care provin din jumătatea nazală a câmpului vizual se proiectează pe jumătatea temporală a retinei.

- *Vederea binoculară:* Vederea cu un singur ochi (monoculară) este imperfectă. Vederea binoculară, adică cu ambii ochi, ne dă posibilitatea să vedem obiectele în relief, în adâncime şi să apreciem astfel distanţa la care se găsesc. Câmpul vizual şi acuitatea vizuală sunt cu mult mai mari decât la vederea monoculară. Condiţia esenţială pentru a avea această percepere este ca imaginea formată în fiecare ochi să se proiecteze pe aceleaşi regimuri ale celor două retine.

- *Vederea nocturnă:* Vederea nocturnă este asigurată de celulele cu bastonaşe. Cantitatea insuficientă a vitaminei A în alimentaţie poate provoca boala numită hemeralopie. Individul vede foarte bine în timpul zilei, dar cum începe amurgul vederea scade şi noaptea nu mai vede deloc. Aceasta se explică prin faptul că la baza formării purpurului retinian stă vitamina A. Or acestea lipsind, se tulbură funcţia celulelor cu bastonaşe care asigură vederea nocturnă.

f) *Auzul* - analizatorul acusticovestibular: Segmentul periferic al analizatorului acusticovestibular este urechea, care este un organ pereche şi conţine aparatele receptoare a două simţuri:

- simţul auzului asigurat prin analizatorul acustic;
- simţul poziţiei spaţiale şi a echilibrului corpului asigurat prin aparatul vestibular.

Urechea se împarte în trei părți: urechea externă, urechea medie şi urechea internă, care cuprinde atât aparatul de recepție al simțului auzului cât şi aparatul de recepție al simțului poziției spațiale şi orientării mişcării corpului.

g) *Fiziologia analizatorului auditiv:* Analizatorul auditiv este un analizator fizic de distanță (telereceptor). Excitantul său natural este sunetul.

Sunetele sunt de două feluri: sunete muzicale şi zgomote. Orice sunet are un anumit număr de vibrații. Urechea noastră poate percepe sunete cu o frecvență cuprinsă între 16 şi 20000 de Hz/sec. Totalitatea sunetelor cuprinse între aceste limite alcătuiesc ceea ce se numeşte scara tonală sau câmpul auditiv.

Sunetele care au sub 16 Hz/sec numite infrasunete nu sunt percepute sub formă de senzații auditive ci sub formă de senzații tactile, iar sunetele care au peste 20000 Hz/sec numite ultrasunete, de asemenea, nu sunt percepute de urechea noastră, ele pot produce uneori senzații de durere. Limitele de mai sus corespund adolescenților. Pe măsură ce înaintăm în vârstă, limita superioară scade iar la bătrâni fiind de 12-14000 Hz/sec.

Riscuri pentru auz datorate zborului.

- Vezi capitolul barotraumatisme

h) *Echilibrul:* Alături de alte organe de simț, aparatul vestibular îndeplineşte funcția de menținere a echilibrului corpului, atât în stare de repaus cât şi în timpul mişcării, informând sistemul nervos central asupra sensului şi variației vitezei mişcării capului sau a întregului organism, precum şi de poziția acestora în spațiu.

Aceasta se realizează prin reflexe statice de postură şi de redresare şi prin reflexe statokinetice.

Prin reflexe statice de postură şi de redresare se menține stabilitatea capului când stăm pe loc, iar prin reflexe statokinetice când ne aflăm în stare de mişcare.

i) *Mişcări, accelerare, verticalitate:* Cercetările au stabilit că modificarea direcției în mişcarea capului sau simultan a corpului în plan orizontal, ne este indicată de pata auditivă din utriculă, iar mişcarea în direcție verticală de pata auditivă din saculă, ele sunt în legătură cu reflexele statice de postură şi de redresare.

În ceea ce priveşte mişcările circulare şi de rotire ale capului sau şi ale corpului în acelaşi timp, acestea ne sunt indicate de crestele auditive, ele sunt în legătură cu reflexele statokinetice.

Menținerea permanentă a echilibrului corpului în staționarea pe loc, în timpul mersului sau în alte mişcări, prin reflexele vestibulare, este rezultatul coordonării contracției şi relaxării diferitelor grupe de muşchi ai corpului.

În poziția verticală staționară, în mers, fugă sau alte mişcări ale corpului controlul aparține centrilor corticali. Dacă în unele cazuri, acest central activ lipseşte, echilibrul corpului este menținut pe cale reflexă prin centrii nervoşi din etajele inferioare ale nevraxului.

Dacă excitațiile adecvate ale aparatului vestibular depăşesc o anumită limită (datorită accelerațiilor mari): rotire prea rapidă, legănări puternice, poziții neobişnuite ale corpului şi capului ele provoacă o serie de reacții negative, amețeli, transpirații reci, roşeață sau paloarea feței, greață, vărsături, modificarea frecvenței ritmului cardiac, accelerarea respirației etc, la acestea se pot adăuga tulburări ale echilibrului şi tulburări în mişcările membrelor, datorită influenței aparatului vestibular asupra echilibrului şi tonusului muscular.

j) *Dezorientarea spațială:* Atunci când avionul execută evoluții în zbor, forța gravitațională se descompune cu forța centrifugă, dând naştere unei forțe rezultante denumită “verticala

aparentă" care se substituie verticalei clasice a gravitației. Verticala aparentă acționând asupra organelor de echilibru ale pilotului, îi înşeală senzațiile asupra poziției sale reale față de pământ, atunci când această poziție nu este controlată de simțului văzului, de ochi.

Ochiul şi urechea, aparatul vestibular al acesteia, sunt aşadar organele care permit asigurarea echilibrului aeronavei, atunci când zborul se efectuează la vedere. În cazul când însă pilotul nu mai este în măsură să vadă solul sau orizontul, deoarece organul vestibular static al urechii percepe numai verticala aparentă, iar ochiul nu mai are repere după care să constate poziția verticală slabă, această poziție poate fi cunoscută numai prin indicațiile unor instrumente de bord speciale.

k) *Iluzii:* În unele cazuri patologice sau în anumite situații speciale cum este şi cea a zborului se produce un dezechilibru între particularitățile psihice descrise anterior şi realitatea este percepută denaturat, generând diferite forme de iluzii. Iluzia reprezintă deci un defect de funcționare senzorial - cerebral, prin faptul că se consideră unele aparente sau ficțiuni drept realitate, adică este o înşelare provocată de perceperea denaturată a realității. În cele ce urmează sunt descrise diferite feluri de iluzii:

- iluzia optică (autocinetica) se manifestă prin impresia de deplasare a unui punct sau obiecte, izolate şi imobile, adică deplasarea aparentă iluzorie a ceva mobil care în realitate este fix;

- iluzia optică vestibulară are drept cauză funcționarea defectuoasă atât a ochiului (ca la cea optică) cât şi a aparatului vestibular (de echilibru) din urechea internă. Iluzia optică vestibulară la rândul ei poate fi giratorie sau gravitațională:

  - în iluzia optică vestibulară - giratorie obiectele imobile par că se mişcă şi se desfăşoară aparent în mod circular;

  - în iluzia optică vestibulară - gravitațională obiectele imobile par că se mişcă şi se deplasează aparent în plan vertical şi sunt mai frecvente în timpul ascensiunii aeronavei şi în picajul ei.

Iluzia vestibulară interesează aparatul de echilibru al omului în întregimea corpului, sau în segmente corporale dând impresii false față de situațiile reale.

4. Sănătate şi igienă

Igiena personală

Orice aeronavigant este obligat să respecte cu strictețe prescripțiile unei igiene adecvate mediului său specific de activitate şi să se supună unei discipline igienice raționale.

Regulile igienice însă vor fi aplicate în mod just pentru a nu deveni abuzive, ştiind, de exemplu, că exercițiile sportive exagerate ca şi o alimentație în exces, nu numai că nu măresc aptitudinile, dar sunt de-a dreptul vătămătoare.

Personalul navigant trebuie:

- să cunoască şi să aplice toate regulile de igienă generală;
- să cunoască rolul ochiului şi urechii în zbor şi îngrijirea specială a acestora;
- să practice o anumită educație fizică şi sportivă;
- să se alimenteze în mod rațional.

Reguli de igienă:

a) Curățenia corporală şi cea bucodentară;

b) Curățenia vestimentară;

c) Curățenia locului de muncă şi odihnă;
d) Somn regulat şi suficient, regim corespunzător de viață şi muncă;

Afecțiuni minore comune

- Răceală;
- Gripă;
- Tulburări gastro-intestinale

5. Psihologia aeronautică – noțiuni de bază

5.1. Prelucrarea umană a informațiilor

a) *Atenția şi starea de vigilență:* Atenția face parte din categoria fenomenelor psihice care susțin energetic activitatea. Atenția este o funcție prin care se modelează tonusul nervos necesar pentru desfăşurarea celorlalte procese psihice. Atenția este fenomenul psihic de activitate selectivă, concentrare şi orientare a energiei psiho-nervoase în vederea desfăşurării optime a activității psihice, cu deosebire a proceselor senzoriale şi cognitive.

Starea de vigilență presupune explorarea generală a mediului aşteptarea şi căutarea a ceva încă nedefinit. Este o stare care pregăteşte atenția.

- *Atenția selectivă*

Selectivitatea este prima din caracteristicile atenției, orientarea înseamnă şi selecție, deoarece întotdeauna este atent la ceva şi neatent sau prea puțin atent la alți stimuli.

- *Atenția distributivă*

Distributivitatea atenției, este acea însuşire care permite unei persoane să desfăşoare, concomitent, mai multe activități cu condiția ca măcar unele din ele să fie relativ automatizate.

b) *Percepția:* Percepțiile sunt procese senzoriale complexe şi, totodată, imagini primare, conținând totalitatea informațiilor despre însuşirile concrete ale obiectelor şi fenomenelor în condițiile acțiunii directe a acestora asupra analizatorilor. Percepția se referă la obiecte în totalitatea însuşirilor date unitar şi integral. Imaginea perceptivă este băgată în conținut. Ea cuprinde atât însuşirile semnificative, cât şi pe cele mai puțin importante, mai de detaliu.

- *Iluziile de percepție:* Cea mai mare parte a percepțiilor omului reflectă, adecvat, realitatea şi serveşte adaptării omului. Se întâlnesc o serie de percepții care deformează, denaturează unele aspecte. Ele sunt iluzii preceptive. Explicarea acestor fenomene se sprijină pe luarea în consolidare a efectelor de câmp.

- *Selectivitatea percepției:* Legea selectivității perceptive pune în evidență caracteristica omului de a fi o ființă activă în relațiile cu lumea. Asupra omului acționează continuu o multitudine de excitanți variați, ca intensitate, durată, calitate, dar el nu-i reflectă, în acelaşi grad, pe toți.

Selectivitatea în percepție este dependentă de o serie de factori: interesul pentru un lucru sau o persoană, conturarea specială a unui element ajută rapida lui diferențiere dintr-o imagine complexă, contrastul cromatic al elementului căutat față de fond grăbeşte perceperea lui, mişcarea obiectului căutat uşurează selecția dintre altele foarte asemănătoare, schema preceptivă actualizată, corespunzătoare obiectului căutat, permite mai buna detectare şi discriminare, indicarea verbală prealabilă accelerează descoperirea obiectului în câmpul perceptiv.

- *Prelucrarea ierarhizată:* Detecția este prima fază a actului perceptiv şi constă în sesizarea şi conştientizarea doar a prezenței stimulului în câmpul preceptiv, fără să se poată spune ceva despre caracteristicile lui.

Discriminarea presupune detaşarea stimulului de fond şi remarcarea acelor însuşiri care-l deosebesc de ceilalți asemănători.

Identificarea se referă la cuprinderea, într-o imagine unitară, a informațiilor obținute şi raportarea acesteia la modelul preceptiv corespunzător, subiectul putând astfel recunoaşte ceea ce precepe.

Interpretarea este faza finală ce depăşeste procesul perceptiv propriu-zis şi constă în integrarea verbală şi stabilirea semnificației obiectului preceput, a posibilității utilizării lui în activitate.

c) *Memoria* este procesul psihic care reflectă lumea şi relațiile omului cu lumea prin întipărirea, păstrarea şi reactualizarea experienței anterioare. Memoria este un proces de stocare (depozitare) şi reactualizare selectivă a informațiilor.

Caracterul necesar al memoriei decurge din faptul că ea este implicată în marile comportamente ale vieții omului: cunoaştere şi învățare, înțelegere şi rezolvare de probleme, inteligență şi creativitate.

- *Memoria senzorială*

Mare parte din materialul care se stochează şi se păstrează în memorie este de fapt materialul provenit prin contactul organelor de simț cu realitatea înconjurătoare (fapt care evidențiază legătura memoriei cu procesele psihice senzoriale).

- *Memoria de scurtă durată:* Memorarea mecanică implică simpla repetare a materialului, folosirea asociațiilor de contiguitate (coincidență) în timp şi în spațiu. Ea duce la învățarea formală, este aparent eficientă, în esență fiind însă neeficientă. Memorarea mecanică este fără durabilitate în timp.

- *Memoria pe termen lung:* Memorarea logică bazată pe înțelegere, pe dezvoltarea gândirii şi a operațiilor ei, care devin premise absolut necesare, asigură realizarea unei învățări autentice, utilizabilă în practică, cu mari posibilități operaționale şi de transfer în cele mai diverse situații. Memoria logică este memoria pe termen lung.

d) *Principii şi tehnici de învățare:* Principiile sunt idei de bază pe care se întemeiază procesul de învățământ, sunt teze teoretico-practice fundamentale, care jalonează cursul general al activității profesorului şi elevilor.

Principiile stabilesc anumite norme care caracterizează aplicarea lor în practică. Normele au un înțeles mai restrâns, de regulă de conduită didactică, de prescripții şi instrucțiuni precise impuse actului de predare sau celui de învățare.

O participare conştientă de actul învățării presupune, cu necesitate, înțelegerea cât mai clară şi profundă a materialului de învățat.

Principiul intuiției exprimă cerința de-a se asigura o bază perceptivă, concret-senzorială învățării, sprijinită însă pe activitatea directă a elevului, pe trăirile acestuia.

Principiul legării teoriei de practică formulează cerința ca lecțiile să ofere suficiente ocazii de valorificare, în practică, a cunoştințelor teoretice şi a capacităților învățate.

Principiul sistematizării şi continuității cere ca toate cunoştintele, priceperile şi deprinderile să fie învățate într-o anumită ordine logică după un anumit sistem care să asigure o înaintare progresivă.

Principiul însuşirii temeinice enunță cerința fixării profunde şi de durată a cunoştințelor şi deprinderilor de bază, astfel încât elevii să fie întotdeauna capabili să le reproducă şi să le utilizeze în activitatea şcolară, precum şi în activitatea practică, în viață.

Potrivit principiului accesibilității şi individualizării învățământului, organizarea şi desfăşurarea procesului de învățământ trebuie să se realizeze pe măsura posibilităților reale ale elevilor, ținându-se seama de particularitățile de vârstă, sex, nivelul pregătirii anterioare, precum şi de deosebirile individuale, de potențialul intelectual şi fizic al fiecărui elev în parte.

Principiul conexiunii inverse sau al retroacțiunii (al feed-back-ului) exprimă cerința reîntoarcerii şi îmbunătățirii din mers a rezultatelor şi proceselor în funcție de informația primită despre rezultatele anterioare.

e) *Personalitate:* Personalitatea integrează în sine organismul individual, structurile psihice umane şi relațiile sociale în care omul este prins ca şi mijloacele culturale de care dispune.

Personalitatea este un sistem chio-psiho-socio-cultural, ce se constituie fundamental în condițiile existenței şi activității din primele etape ale dezvoltării individuale în societate.

Personalitatea este întotdeauna unică şi originală. Aceasta întrucât fiecare porneşte de la o zestre ereditară unică, singulară şi mai departe în câmpul existenței sociale concrete, fiecare străbate un drum anume, încercând o serie de variate experiente, desfăşurând diferite activități şi intrând în anumite relații, toate având anumite efecte asupra cursului dezvoltării şi construirii edificiului de personalitate.

- *Personalitate şi aptitudini:* Aptitudinile constituie latura instrumentală şi executivă a personalității. Este o instrumentație psihică, uneori se spune despre inteligență că este tăioasă sau pătrunzătoare, se vorbeşte despre finețea auzului, despre urzeala imaginației, despre concentrarea şi distributivitatea operațiilor. Ele sunt cele care mijlocesc reuşita în activitate.

Aptitudinile sunt subsisteme sau sisteme operaționale, superior dezvoltate, care mijlocesc performanțe supramedii în activitate.

f) *Concepte ale eu-lui:* Eul este subiectul la nivelul căruia se întretaie trei predicate: “a fi”, “a avea” şi “a face”. Eul, ca formațiune psihologică, se constituie în procesul multiplelor interacțiuni cu lumea, în special cu oamenii.

Specifică pentru Eu, este conştiința de sine care se dezvoltă în confruntare continuă cu conştiința de lume şi se centrează în jurul ideii de om. Astfel, Eul apare ca integrator al personalității.

Eul este rodul tuturor experiențelor acumulate de subiect în activitate şi corelare față de ceilalți. Apartenența la un grup, familie, clasă, profesiune constituie o latură a însăşi identității subiectului.

În dezvoltarea sa, Eul se constituie succesiv, parcurgând trei etape: etapa Eului corporal, Eul social şi Eul spiritual.

Important este faptul că treptat Eul se dedublează în Eul activ, se realizează afirmarea ființei şi coordonarea tuturor demersurilor şi care presupune predicația “a fi”, şi Eul pasiv, care este însăşi prezența propriei ființe cu toate atributele asomatice, psihice, sociale şi spiritual-valorice.

Între cele două laturi ale Eului este un raport de interacțiune şi unitate.

Personalitatea este un agregat de aptitudini şi atitudini care are în centrul său Eul ca un factor de integrare şi coordonare.

g) *Oboseala* este un fenomen fiziologic care survine după exercitarea oricărei activități; cel în cauză este supus fie unei solicitări intense, fie unui regim de subsolicitare. Cu studiul său se ocupă în prezent mai multe discipline: medicina, fiziologia, biochimia, biofizica, psihologia, cu scopul de a se elucida conținutul, mecanismul şi cauzele care o provoacă.

Oboseala este un proces de acumulare a unor efecte cu caracter perturbator, exprimate atât în scăderea nivelului obiectiv al performanței în cadrul activității date, cât şi în apariția unor stări subiective specifice, semnalizate prin intermediul senzațiilor (senzații de obosealã) şi al trãirilor emoționale (disconfort, încordare, irascibilitate, etc.). După dinamică şi persistență în timp, distingem o obosealã naturalã şi o obosealã acumulatã.

Prima apare în timpul activității curente, desfăşuratã în limitele programului zilnic obişnuit. De regulă ea începe a se face resimțită subiectiv, începând cu ultimul sfert al duratei zilei de lucru. După terminarea programului de lucru şi după perioada obişnuitã de somn, această obosealã dispare aproape complet, capacitatea de muncă a subiectului restabilindu-se în totalitate.

Spre deosebire de oboseala naturalã, oboseala acumulatã se caracterizează prin sumația temporară a efectelor, ca urmare, ea dobândeşte persistență, mărindu-şi intensitatea după fiecare nouă secvență (zi, săptămână, lună etc.) de lucru. Ea devine astfel stare de fond cu care subiectul intră la începutul programului de activitate. Pe măsură ce ea se accentuează, este tot mai acut resimțită în plan subiectiv, iar rația de scădere a randamentului devine din ce în ce mai mare. Repausul şi odihna de obicei nu o înlătură; mai mult ea perturbă însuşi somnul, care devine superficial, intermitent şi populat cu vise terifiante. În funcție de felul de manifestare, oboseala poate fi fizicã şi psihicã.

Prima afectează cu precădere musculatura: scad forța musculară şi durata unui efort, creşte perioada de latență a mişcărilor, apar discoordonări, tremurături ale membrelor, senzație de slăbiciune fizicã (lipsa de vlagă).

- *Oboseala psihicã* se răsfrânge cu precădere asupra capacității intelectuale şi emoționale, concretizându-se în deteriorarea indicatorilor principalelor funcții şi procese psihice: percepție, memorie, gândire, atenție, rezistență, respectiv echilibrul emoțional. Subiectiv se traduce prin stări de tensiune şi încordare, greutate în desfăşurarea raționamentelor şi în concentrarea atenției, amețealã, cefalee, somnolență sau, dimpotrivă, surescitare, tendință la explozii coleroase sub acțiunea unor stimuli slabi şi banali din mediul extern (vocea chiar şoptită a celor din jur, scârțâitul unei uşi, zgomotul picăturilor de apă de la robinet etc.). Acest fel de obosealã se instalează de obicei la cei care depun o activitate ce solicită structurile senzorio-intelectuale, atenția şi echilibrul emoțional, mecanismele de autocontrol (autostăpânire, ponderare, refulare, cenzură etc.).

Dintre numeroasele cauze care o provoacă citãm:

- intensitatea şi durata activității desfăşurate (complexitatea şi volumul sarcinilor de percepție, memorare-reactualizare, gândire-rezolvare de probleme etc.);
- răspunderea pe care o implicã activitatea datã;
-factorii nefavorabili ai mediului fizic (iluminat, temperatură, umiditate, grad de poluare chimicã şi sonorã);
- factorii nefavorabili ai mediului social în care se desfăşoară activitatea datã (relații interpersonale tensionate, climat de muncă represiv);
- motivație scăzutã sau negativă pentru munca desfăşuratã;
- discrepanța mare între complexitatea şi dificultatea sarcinilor de muncă şi nivelul de pregătire (competență) a individului;

- monotonie şi subsolicitare.

Pentru recuperarea capacității de lucru este nevoie de timp mai îndelungat. Subiectiv este mai greu suportat, ceea ce face ca oboseala neuropsihicã să fie consideratã forma de obosealã cea mai complexã, cu consecințe neplãcute asupra vieții şi comportamentului individului.

h) *Stresul:* Termenul de stres, provenit din engleza medievalã - distress - (necaz, dificultate, situație neplãcutã), semnificã rãspunsul nespecific al organismului la orice solicitare.

Deşi termenul ca atare, nu înseamnã numai tensiune nervoasã, consecință a acțiunii factorilor nocivi (stresul poate fi un lucru plãcut, fãrã urmãri negative), indicând doar solicitarea adoptivã a organismului, în limbajul cotidian stresul este asociat stãrilor de suprasolicitare, neglijându-se faptul cã el reprezintã un însoțitor permanent al vieții, cã lipsa lui se numeşte moarte.

Ne-am obişnuit sã spunem, de exemplu, cã o anumitã persoanã *a fost stresatã*, cã o alta trãieşte în condiții de stres permanent etc. De fiecare datã avem în vedere suprasolicitarea individului, incapacitatea de rãspuns adaptiv la agenții din mediul înconjurãtor. Ca urmare se produce o uzurã a organismului şi un înalt grad de suferințã.

Agenții vãtãmãtori fizici, chimici, biologici, produc douã tipuri de efecte asupra organismului:

- efecte specifice (reacții adaptive de rãspuns la fiecare factor de agresiune;
- efecte nespecifice (comune tuturor agenților stresanți).
- *Stresul sistemic*, înțeles ca un sindrom, caracterizat printr-o multitudine intercorelatã de rãspunsuri specifice şi nespecifice ale organismului la acțiunea agentilor stresori, încluzând atât leziunea provocatã, cât şi uzura organismului şi suferința resimțitã, are totdeauna o componentã psihicã. Este aşa numitul stres psihic secundar. Dar existã şi un stres psihic primar, în care agenții stresori lezeazã sfera psihicului, provocând trãiri subiective penibile, disconfort, anxietate. Stimulii negativi sau indiferenți sunt percepuți ca având o semnificație nocivã şi în consecințã se produc modificãri de conduitã disproporționate, neadaptative. Cel mai adesea stresul psihic este provocat prin intermediul limbajului. Dar structurile alterate prin stresul psihic sunt atât de naturã materialã (sistemul nervos central), cât şi spiritualã (procese psihice ca atare). Chiar dacã în cazul stresului psihic dezorganizarea spiritualã primeazã, aceasta nu înseamnã cã, datã fiind unitatea psihofiziologicã, nu suferã întregul organism.

În fond, stresul psihic este o reacție psihofiziologicã a individului care, obligat sã facã față situaților pentru care nu s-a pregãtit, anticipeazã eşecul şi acordã o mare importanțã consecințelor ce decurg din incapacitatea sa de a rezolva situația.

Dintre factorii de personalitate care conferã rezistența la stres, *gustul riscului* se pare cã joacã rolul cel mai important. Aici se includ toți oamenii pentru care schimbarea este stimulatoare, un nou loc de muncã reprezintã o nouã şansã de a se afirma. Opuşi acestora existã şi oameni care se retrag în carapacea lor pentru a-şi gãsi liniştea şi pacea, au o viațã sedentarã, acceptã eşecurile, abuzeazã de alcool şi somnifere, se refugiazã în somn.

De asemenea profesiile pot favoriza sau dimpotrivã, pot împiedica instalarea stresului. Unele statistici aratã cã piloții de aeronave, a cãror decizie pune în joc vieți omeneşti, suferã de hipertensiune, ca urmare a stresului, într-o proporție de patru ori mai mare față de celelalte categorii profesionale.

6. Influența factorilor fizici asupra organismului în timpul zborului

În timpul zborului, organismul uman suferã anumite influențe ale diferiților factori fizici, care se manifestã sub forma unor tulburări, descrise în continuare.

6.1. Boala de înălțime

La depăşirea altitudinii de 3000 m, ca urmare a rarefierii aerului şi deci a scăderii cantității de oxigen pe metrul cub de aer, organismul omenesc suferă o stare hipoxică, denumită "boală de înălțime". Țesuturile şi organele omului suferă în funcționalitatea lor normală, din cauza aportului scăzut de oxigen respirator, datorită scăderii rapide a presiunii parțiale a oxigenului din aerul inspirat, ceea ce are ca urmare reducerea conținutului de oxigen din sângele care irigă tot corpul. Sunt expuşi, în special, bolnavii cronici cu afecțiuni respiratorii şi cardiace.

În cele ce urmează sunt descrise diferitele urmări ale bolii de înălțime. Astfel:

- *Simptomatologia subiectivă* se caracterizează prin dureri de cap (cefalee), slăbiciune generală şi oboseală accentuată.

- *Aparatul respirator* manifestă o scădere a capacității pulmonare, prin faptul că scade aerul pulmonar de rezervă şi cel complimentar, capilarele sanguine pulmonare sunt congestionate, mişcările respiratorii cresc ca frecvență pe minut, peste 16 cât este normal în repaus la adult, dar amplitudinea (profunzimea) lor este mică, adică respirația este frecventă dar superficială, ceea ce implică o scădere a aportului de oxigen prin inspirație şi o diminuare a eliminării bioxidului de carbon prin expirație.

- *Aparatul circulator* se manifestă prin creşterea pe minut a volumului cardiac, ceea ce implică o suprasolicitare a inimii, manifestată prin accelerarea pulsului, de la 70/min cât este normal, până la 120-150/min, deci o frecvență crescută a contracțiilor cordului. Aceste simptome circulatorii sunt însoțite şi de tensiunea emoțională din timpul zborului, care şi ea face să crească viteza de circulație, adică tensiunea sistolică. Aceste reacții cardiovasculare sunt reacții compensatorii de adaptare la altitudine pentru a mări aportul de oxigen, a creşte irigarea cu sânge a creierului, a cordului şi pulmonului, paralel cu scăderea irigării sanguine a muşchilor şi a celorlalte organe, inclusiv pielea, care marchează paloarea tegumentelor.

Pe de altă parte, scăderea bioxidului de carbon aduce o micşorare a debitului sanguin la nivelul creierului şi cordului, paralel cu mărimea dilatației vaselor periferice, care condiționează astfel congestia tegumentelor anterior palide.

În sânge scade cantitatea de hemoglobină, care este suportul de transport al oxigenului de la plămân la țesuturi şi al bioxidului de carbon, în sens invers.

- *Metabolismul* scade, adică totalitatea proceselor nutritive de asimilație şi dezasimilație produse în organism scade în intensitate. Aceasta provoacă scăderea temperaturii corpului sub temperatura normală de $36,5^0$C.

- *Digestia* este şi ea influențată prin scăderea secreției salivare (gura uscată) şi îngreunarea evacuării conținutului stomacal în intestin (senzație de plinătate).

-*Sistemul nervos central*, care conduce şi coordonează toate organele, țesuturile şi sistemele humorale ale corpului, se manifestă, fie printr-o stare euforică inițială urmată de o stare depresivă, de pierderea cunoştinței şi uneori chiar de moarte, fie prin greutate respiratorie, cefalee, somnolență, tulburări de memorie, amnezie, fie prin oboseală generală, senzație de cald, văl cenuşiu. Aceste feluri de manifestări ale sistemului nervos central depind de particularitățile constituționale şi temperamentele individuale, de starea de sănătate şi de starea de antrenament a fiecărui călător, precum şi de valoarea şi timpul de atingere a marilor altitudini.

Tratamentul bolii de înălțime constă în mărimea aportului de oxigen respirator pe cale artificială, prin intermediul măştii de oxigen, aplicată şi folosită conform instrucțiunilor fabricii producătoare a tipului respectiv.

Profilaxia bolii de înălțime constă în verificarea la sol atât a existenței şi funcționării măştilor de oxigen în număr corespunzător pasagerilor şi echipajului, cât şi a cantității de oxigen de rezervă conținut într-un număr de butelii pline, corespunzătoare necesarului, în funcție de numărul persoanelor şi de durata zborului la altitudinea de peste 3000 m.

6.2. Răul de zbor

Cunoscut şi sub denumirea de "kinetoză", răul de zbor este mult mai frecvent decât boala de înălțime, dar mai benign decât acesta. Răului de zbor îi sunt expuse mai ales persoanele cu un sistem nervos labil (slab), usor susceptibile, fricoase, grase şi cu musculatura abdominală insuficient dezvoltată. Răul de zbor este provocat fie de anumiți factori de natură psihică, fie de unele greşeli în sistemul de alimentare, somn insuficient, mirosuri grele ori dezagreabile, lipsa de aer condiționat la bord etc. Răul de zbor nu se manifestă dintr-o dată în plinătatea simptomelor, ci în mod treptat, în trei faze succesive, şi anume:

- în prima fază, călătorul este tăcut, absent, pare obosit şi se simte ca atare, închide ochii, reazemă capul, îşi urmăreşte oarecum speriat propriile senzații interne ori senzoriale, are senzația de vomă, ceea ce îi măreşte teama, dublată de amețeli şi de hipersalivație;
- în faza a doua, apare transpirația frunții, a nasului şi a cefei, în acelaşi timp, pulsul devine slab, iar respirația accelerată, dar superficială, teama de zbor creşte, fiind urmată de apatie şi dezinteres;
- în faza a treia, odată cu mărirea senzației iminente de vomă, de greutate de a voma, are loc la sfârşit voma repetată, până la golirea completă a stomacului, după care, treptat, toată această simptomatologie dispare şi călătorul se restabileşte.

Prevenirea răului de zbor se face atât înaintea, cât şi în timpul zborului:

- înainte de zbor, sunt recomandate următoarele măsuri profilactice: somnul suficient de noapte, de minimum opt ore, combaterea neîncrederii şi a fricii de zbor, prin discuții cu persoane competente şi prin literatura adecvată de specialitate, o alimentație adecvată, cu o oră înainte de decolare, constând în pesmeți, prăjituri sărate, biscuiți, iar ca lichide, un pahar de suc rece de fructe acrişoare sau cafea tare. Sunt contraindicate cantități mari de hrană, supele şi ciorbele, mâncărurile grase şi calde şi, de asemenea, nu sunt permise băuturile calde, spumoase şi gazoase. În aeronavă, persoanele care au consumat alimente neindicate trebuie să ocupe locurile din față sau cele din mijloc, poziția în fotoliu fiind cu capul rezemat de tetieră, cu gulerul cămăşii descheiat şi cu abdomenul stâns bine cu centura fotoliului.
- în timpul zborului, sunt recomandate următoarele măsuri profilactice: distrarea călătorilor sensibili la zbor prin oferirea de ziare şi reviste, recomandarea de a privi spre pământ şi de a-şi fixa aportorul de aer proaspăt spre față, cu hrana la bord, sunt recomandate sucul rece de fructe acrişoare, chiar cu bucăți de gheață alimentară (artificială), puțin coniac, ori ceai răcit, carne rece slabă şi şunca slabă.

6.3. Barotrauma urechilor

Aceasta este o influiență a zborului pe care o suferă, fără excepție, toți călătorii şi toți membrii echipajului cu ocazia oricărei decolări şi aterizări, uneori chiar şi în timpul zborului, din

cauza variațiilor de presiune atmosferică în funcție de variația altitudinii. Aerul din urechea medie, din spatele timpanului, are aceeaşi tensiune ca şi presiunea atmosferică de la sol, fiindcă această parte a urechii este în legătura cu exteriorul, prin trompa lui Eustache, care se deschide şi închide - cu ocazia fiecărei deglutiții (înghițituri) - în fundul gurii, în vecinătatea posterioară a foselor nazale. Mărindu-se altitudinea, la decolare şi pentru a atinge înălțimea de zbor, treptat scade presiunea atmosferica exterioară, aerul din urechea medie rămâne la tensiunea presiunii atmosferice de la sol, care este mai mare decât cea în care evoluează aeronava. Se creează astfel o diferență de presiune, cu o stare de suprapresiune în urechea medie, față de presiunea scăzută a altitudinii respective. Cu cât creşte altitudinea, va creşte şi diferența de presiune dintre presiunea retrotimpanică şi cea din cabina avionului egală cu cea a altitudinii respective. Făcând mişcări de deglutiție (înghițind de câteva ori), se poate obține egalizarea celor două presiuni, cea din spatele timpanului cu cea din fața timpanului.

În timpul coborârii aeronavei spre sol şi până la aterizare, fenomenul se inversează, adică creşte presiunea atmosferică în aeronavă, în funcție de micşorarea altitudinii, în timp ce tensiunea aerului retrotimpanic se menține la presiunea atmosferică scăzută, a altitudinii avute, adică este în stare de depresiune. Tot prin mişcări repetate de deglutiție se face din nou egalizarea celor două presiuni, despărțite de membrana ce separă urechea medie de conductul auditiv extern al urechii.

În aceste două situații, în timpul suprapresiunii urechii medii - la luarea înălțimii - timpanul urechii este forțat să se bombeze în afară, iar în timpul depresiunii urechii medii, la pierderea din înălțime, timpanul este forțat să se bombeze înăuntru. Din cauza acestor stări de tensiune diferită a timpanului la variațiile de altitudine de la decolare, luarea înălțimilor diferite de zbor şi de la aterizare, călătorii şi echipajul aeronavei simt o serie de senzații, subiective, dezagreabile, şi anume: senzația de presiune în urechi, de înfundare a urechilor, de limitare sau de scădere a auzului, pocnituri şi trosnituri ale urechii (ale timpanului), rezonanța vocii proprii în urechi, vertije (amețeli), dureri ale urechii medii de intensitate crescândă. Toate aceste senzații subiective încep de la intensități mici şi cresc în intensitate simultan cu creşterea sau cu descreşterea altitudinii aseronavei, respectiv cu creşterea sau cu descreşterea presiunii atmosferice din aeronavă şi, totodată, a diferenței de presiune dintre aceasta şi cea retrotimpanică.

Prevenirea barotraumei este simplă şi uşor de realizat, constând în echilibrarea celor două presiuni diferite de pe cele două fețe ale timpanului urechii, ceea ce se obține prin deglutiții repetate, masticare şi prin căscat - mişcări ale mandibulei - care fac să se deschidă trompa lui Eustache, în fundul gurii, prin care comunică urechea medie cu exteriorul. Aceste mişcări naturale, ale mandibulei, se realizează spontan prin sugerea unei bomboane tari, mestecarea gumei de mestecat, cu consecutivele înghițiri ale hipersalivației astfel provocată.

Dacă apar congestii ori hemoragii nazale (la unele persoane, mai ales la cele hipertensive), se vor pune în fiecare nară picături decongestive şi coagulante şi se vor recomanda deglutiții repetate, chiar dacă îşi înghite o cantitate mică din propriul sânge scurs în gură din nas. În aceste cazuri nu se recomandă suflarea nasului şi nici a sângelui din nas, pentru că aceste manevre măresc atât congestia, cât şi mai ales hemoragia nazală. În urma introducerii picăturilor coagulante în nara hemoragică sau în ambele, după caz, se introduce un mic tampon de vată îmbibat cu acelaşi medicament antihemoragic, tamponul care nu se împrospătează chiar dacă se umple cu sânge.

La coborâre spre aterizare, ori la schimbarea mare a altitudinii de zbor, călătorii care dorm trebuie să fie treziți şi să fie instruiți de către personalul însoțitor de bord asupra necesității de prevenire a barotraumei, recomandându-le să înghită de câteva ori, iar copiilor să li se ofere bomboane sau mâncare, care să-i determine, obligatoriu, la mişcările de deglutiție spontană, naturală, ca urmare a sugerii şi mestecării.

6.4. Barotrauma cavității nazale secundare

O altă tulburare cauzată de influența factorilor externi este barotrauma cavităților nazale secundare, care constă într-o suferință în timpul zborului a sinusurilor feței - îndeosebi a celor frontale - care în mod normal sunt pline cu aer şi în intercomunicare cu exteriorul, prin intermediul unor mici orificii din preajma coanelor nazale superioare. Aceste goluri, pline cu aer, din interiorul oaselor frontale şi al oaselor maxilare superioare - sinusurile frontale şi maxilare - ajung la aceeaşi presiune atmosferică cu cea a altitudinii respective, fără nici o intervenție din partea noastră, fiindcă intercomunicarea lor cu exteriorul este permanentă.

La oamenii sănătoşi, barotrauma cavităților nazale secundare nu are loc. Ea se întâlneşte doar la cei cu inflamații acute sau cronice ale mucoasei nazale, sinuzite ori polipi, afecțiuni care astupă orificiile de intercomunicare a sinusurilor feței cu exteriorul, dând loc în felul acesta la diferențe barometrice ca urmare a variației de altitudine. Această tulburare se manifestă, după caz, cu dureri localizate în dreptul sinusurilor frontale ori maxilare, dureri cu atât mai accentuate cu cât diferența de presiune barometrică dintre sol şi altitudine este mai mare, îndeosebi la decolare şi în timpul zborului, dureri care încetează la câtva timp de la aterizare.

Prevenirea şi tratamentul acestei barotraume constă în deschiderea orificiilor de intercomunicare ale sinusurilor feței cu exteriorul, pentru echilibrarea presiunii aerului. Cum închiderea patologică a acestor orificii este datorată în mare majoritate congestiei şi inflamării mucoasei nazale, tratamentul se face prin administrarea - sub formă de picături în nas, de medicamente anticongestive şi antiinflamatorii în stare lichidă, la bord, şi de aerosoli cu antibiotice la sol. Se mai recomandă repaus, căldură locală şi antinevralgice energice, toate acestea administrate chiar înainte de decolare.

6.5. Nevralgia dentară

Durerile de dinți şi de măsele nu au o legatură directă cu condițiile deosebite, meteorologice, din timpul zborului, dar constituie totuşi o afecțiune foarte supărătoare şi frecvent întâlnită, îndeosebi în anotimpurile cu mari variații de macroclimat, cu umezeală şi puternici curenți de aer rece.

Durerile de dinți sunt mai frecvente la urcare şi sunt datorate inflamației pulpei dentare, cariilor dentare avansate, plombelor căzute şi netratate, gangrenelor pulpare, precum şi resturilor de rădăcini dentare.

Prevenirea şi tratamentul nevralgiilor dentare constau, la sol, în repararea danturii, iar în timpul zborului - în administrarea de antinevralgice energetice cu efect de durată ori repetate în caz de nevoie.

6.6. Flatuozitatea de înălțime

Tulburarea cunoscută sub această denumire se manifestă printr-o stare de suferință a unor organe digestive - stomac şi intestine - mai ales a intestinului gros. Aceste organe cavitare

conțin alimente şi băuturi ingerate. În timpul decolării şi luării înălțimii de zbor, odată cu mărirea altitudinii, scade presiunea atmosferică, ceea ce crează o diferență de presiune între aerul exterior şi gazele organelor cavitale, adică apare o suprapresiune în stomac şi intestine, care tinde să se echilibreze cu cea exterioară în mod spontan, evacuându-se surplusul de gaze în exterior, prin eructații gazoase (râgâieli) şi emiteri anale de gaze flatulente (vânturi).

Suprapresiunea gazelor din stomac şi intestin, în timpul zborului, dă senzații de tensiune în abdomen, de balonare, greutate respiratorie prin împingerea în sus a diafragmei, presând - totodată - şi cordul, datorită distensiei stomacale, iar distensia intestinală mai adaugă şi colicile abdominale (dureri de burtă), senzație iminentă de defecare.

Prevenirea şi tratamentul flatuozității de înălțime se asigură printr-un regim alimentar şi hidric adecvat, fără alimente gazogene (fasole, ridichi), fără băuturi gazoase (sifon, sucuri de fructe acidulate), asigurarea evacuării conținutului intestinului gros înainte de decolare, tratarea constipației. Împotriva colicilor se recomandă evacuarea, la WC-ul aeronavei, a gazelor flatulente şi a conținutului intestinului gros, după care pasagerul va sta culcat, cu comprese calde pe abdomen, în fotoliul său lăsat pe spate, cât mai aproape de poziția orizontală.

6.7. Influența negativă a radiațiilor solare intense asupra organismului

Radiațiile solare intense au asupra organismului o influență nefavorabilă, aceasta fiind în funcție de intensitatea lor, care este direct proportională cu altitudinea (cantitatea radiației creşte cu înălțimea), în special a radiațiilor luminoase (vizibile) şi a celor ultraviolete (invizibile). Repercursiunea lor se manifestă mai ales asupra persoanelor sensibile, nervoase, irascibile, cărora le pot provoca, după caz,: insomnii, tulburări gastrointestinale, variații ale temperaturii corpului.

Ca măsuri profilactice, se recomandă purtarea ochelarilor de protecție împotriva radiației solare (ochelari de soare), cozoroc de protecție special, pentru a pune ochii în penumbră, acoperirea geamurilor aeronavelor cu perdelute protectoare sau cu sticle de culori închise.

6.8. Influența radiațiilor ionizante

Aceste radiații, care sunt mai intense în stratosferă şi mai ales în ionosferă, adică în spațiile cosmonavigabile, au şi ele influență negativă asupra organismului. În troposferă însă, aceste radiații ionizante sunt mai puțin intense, fiind totuşi prezente, mai ales în atmosfera pură şi rece, spre latitudinile nordică şi sudică, ale aureolelor boreale, precum şi în timpul marilor furtuni cu intense şi multiple descărcări electrice.

Ca măsură profilactică împotriva nocivității radiațiilor ionizante, se recomandă administrarea rațională şi regulată de vitamine şi sporirea rezistenței organismului față de hipoxemii, prin cultură fizică şi sport.

6.9. Influența temperaturii

Temperatura prea coborâtă sau prea ridicată față de temperatura normală poate, de asemenea, leza organismul, în timpul zborului în condiții lipsite de condiționarea microclimatului aeronavei şi fără amenajările speciale pentru navigația aeriană în zonele climatice reci ori în zonele climatice calde.

- în *zona climatică rece*, se constată, la aeronavigații permanenți ca şi la cei ocazionali, scăderea metabolismului bazal, bradicardie (puls rar), hipertensiune arterială cu consecințele

inerente, manifestate prin somnolență accentuată, somn profund, afectare nervoasă până la surmenaj, iar în sânge scăderea numărului de globule albe (leucopenie). Lumina puternică, întărită şi de culoarea albă a norilor şi mai ales a zăpezii, poate produce afecțiunea oculară denumită oftalmia zăpezii.

Ca măsură profilactică a acestor influențe negative se recomandă ochelari protectori împotriva radiației solare, alimentație substanțială concentrată şi calorigenă, băuturi uşor alcoolizate, asigurarea unei temperaturi constante şi permanente în aeronavă, de 18...20^{0}C.

- în *zona climatică caldă* se constată o rupere a echilibrului termic al organismului, care are tendință spre supraîncălzire, împotriva căreia se mobilizează mijloacele de termoreglare corporală, prin creşterea afluxului de sânge spre exterior, spre tegumente, paralel cu o transpirație bogată, ca mijloc natural de răcire prin evaporare, şi cu micțiuni bogate, eliminare de apă prin urină. Dar aceasta se petrece până la un anumit prag fiziologic, peste care apare starea patologică de deshidratare, când de la 4-6 l de lichid eliminat din organism în timp de 24 ore, cât este normal, se ajunge la o eliminare de 10 l şi mai mult pe zi (sub formă de urină şi transpirație), ceea ce conduce la instalarea stării de şoc caloric prin deshidratare. În aceeaşi stare de şoc, se constată scăderea atât a oxigenului din sânge, cât şi a bioxidului de carbon, ceea ce afectează rezerva alcalină a organismului. În tot acest timp apare o hiperventilație pulmonară, care creşte, de la 8 l de aer pe minut, cât este normal, până la aproape 100 l de aer pe minut, ca urmare a înmulțirii numărului de respirație pe minut, de la 16, cât este normal, la 40-60 de respirații pe minut.

Ca reacție digestivă, urmează o uşoară slăbire, iar, în timp, scăderea masivă a greutății corporale.

Ca măsură profilactică a acestor influențe negative, se recomandă, pe lângă purtarea ochelarilor de protecție împotriva radiației solare, şi o bună funcționare a agregatelor de la bord pentru condiționare optimă, fiziologică, a parametrilor microclimatului relativ la temperatură, umiditate şi microcurenții de aer. Alimentația se recomandă a fi bogat polivitaminizată, prin consum de fructe, în special citrice, salate verzi, lapte, ouă, băuturi nealcolizate, răcoritoare.

6.10. Influența umidității, a vântului şi a forțelor mecanice din timpul zborului

Toți aceşti factori fizici, prin efectele lor, manifestate sub forma de micşorare a vizibilității şi de îngreuiere a zborului, situații dificile de orientare, jivraj, creează condiții dificile de zbor care măresc nervozitatea echipajului şi pasagerilor de la bord. Această stare de excitație nervoasă mărită influențează negativ în special pe cei cu un psihic slab, putând înmulți cazurile de declanşare a diverselor manifestări ale răului de aer şi de înălțime.

6.11. Influența spargerii plafonului de nori

Prin luarea de altitudine, are loc spargerea plafonului norilor, care face ca intensitatea lumioasă a radiațiilor solare, filtrată de nori la o valoare de 4000-6000 lx, să atingă 80000 - 100000 lx, cât este intensitatea luminoasă a discului solar.

Această trecere bruscă, de la intensități scăzute de luminozitate a discului solar, privit de sub nori, la intensități puternice de luminozitate a discului solar, privit de deasupra norilor, prin spargerea plafonului, creează o serie de senzații vizuale neplăcute şi uneori periculoase, şi anume:

- *starea de diplopie*, manifestată prin dedublarea imaginilor obiectelor privite, adică, pentru acelaşi singular obiect apar pe retina oculară două imagini simultane, fie încrucişate şi egale, fie suprapuse şi inegale, fie şi una şi alta;
- *vederea parțială* - diminuarea câmpului vizual drept sau stâng, chiar al ambilor ochi;
- *mărirea imaginii obiectului* privit la dimensiuni nereale;
- tulburări de apreciere atât a distanțelor, cât şi a culorilor;
- adaptarea defectuoasă la semnalele luminoase în timpul nopții.

Toate aceste senzații patologice sunt periculoase, în special pentru echipaj, prin faptul că pot duce la tulburări şi interpretări greşite ale elementelor codificate. În sprijinul orientării decolării, zborului şi aterizării diurne ori nocturne, sunt folosite diferite mijloace de semnalizare - balizaj, lămpi de poziție, semnale de întârziere, rachete luminoase, steguleţe de diferite forme şi culori etc; care trebuie să fie cât se poate de corect manevrate şi real interpretate, întrucât nu necesită subliniere faptul că de acesta depinde securitatea aeronavei, a echipajului şi a călătorilor.

Ca metode profilactice împotriva tulburărilor generate de spargerea plafonului de nori, se recomandă ochelari de protecție, precum şi un regim igienic de muncă şi de alimentație. În cele ce urmează sunt descrise aceste măsuri:

- *ochelari de protecție* împotriva radiației intense luminoase a discului solar realizează micşorarea luminozității la intensitate redusă, la valori uşor de suportat, îndepărtând efectul strălucirii şi al orbirii consecutive, şi nu reduc acuitatea (sensibilitatea) vizuală, ci, dimpotrivă, chiar o măresc uşor, dacă sunt de bună calitate, pe lângă radiațiile luminoase, ei reţin şi pe cele infraroşii şi ultraviolete, nu împiedică distingerea culorilor, corectează parțial valoarea specifică produsă de ceață, mărind vizibilitatea;
- *regimul igienic de muncă* se referă la asigurarea unui somn recreator, suficient, reconfortant fizic şi psihic, lipsa somnului sau insuficienței lui, ca durată şi confort, conduce la o funcționare defectuoasă a sistemului nervos şi a organelor senzoriale, putând să apară iluzii (senzații greşite față de obiecte şi fenomene) sau halucinații (senzații false, fără existența obiectelor ori a fenomenelor), precum şi excitații fazice ale vederii nocturne, între 20% - 40%, discontinue (vedere alternând cu vedere rea la intervale de timp scurte);
- regimul igienic de alimentație obligă la o alimentare cu carne, legume şi dulciuri, care să asigure aportul vitaminei A şi B2, protectoare ale sistemului nervos şi ale organelor senzoriale.

6.12. Influența accelerației maxime

Atât la sol, cât şi în zbor, accelerația maximă a motoarelor aeronavelor, cu zgomotul şi vibrațiile consecutive, la care se adaugă influența vitezei şi a altitudinii, ca şi a celorlalte condiții meteorologice ale macroclimatului zonei de navigație aeriană, generează, de asemenea, modificări funcționale ale organismului, putând ajunge până la unele tulburări, ca de exemplu:

- tulburări vizuale diverse, mai ales împăienjenirea vederii sub formă de văl cenuşiu;
- contracții ale musculaturii scheletice, până la convulsii epileptiforme;
- îngreunarea mişcărilor capului şi ale membrelor inferioare şi superioare;
- o deplasare oarecare a organelor interne;
- respirația îngreunată prin coborârea diafragmei;

- creşterea frecventă a puterii de contracție a cordului, conducând la hipertensiune arterială, cu amețeli şi astenie;
- tulburări auditive, cu scăderea auzului mergând până la spargerea timpanelor;
- vibrații intense ale oaselor craniului şi ale toracelui, ale abdomenului şi ale grupelor musculare diverse;
- stare de enervare şi rău general, mergând până la pierderea cunoştinței.

Profilaxia acestor diverse manifestări posibile se face prin: antrenament de cultură fizică şi sport la sol, prin adaptare, cu timpul, la condițiile de zbor, prin regim igienic de muncă, de viață şi de alimentație, prin antifoane de bună calitate, prin administrarea de medicamente tranchilizante (liniştitoare uşoare).

6.13. Influența vibrațiilor

Cu cât vibrațiile sunt mai intense şi de frecvențe variate simultane mai ales cele a căror direcție de transmisie coincide cu axa longitudinală a corpului cu atât dau senzații mai neplăcute şi cu influență mai dăunătoare asupra organismului.

Vibrațiile cu intensitatea până la 60 Hz (hertz este unitate de măsură a intensității vibratorii), adică până la 60 oscilații pe secundă, sunt uşor suportabile, influențând doar uşor senzațiile tactile şi auditive.

Vibrațiile peste 1500 oscilații pe secundă se percep numai auditiv, cele cu 4500 - 5000 oscilații pe secundă se percep pe calea conductibilității osoase şi tisculare, între cele ce depăşesc aceste intensități se percep numai prin conductibilitate aeriană.

Tulburările produse de vibrații afectează:

- sistemul circulator, conducând la scăderea tensiunii arteriale, deci la apariția de spasme vasculare urmate de stază sanguină prin dilatarea venelor;
- sistemul nervos, conducând la angionevroze, oboseală, indispoziție generală şi cefalee;
- sistemul muscular şi osos, conducând la manifestări de tip reumatoid;
- acuitatea vizuală, care scade cu timpul, ochii fiind obligați să citească indicațiile aparatajului de bord, care vibrează, necesitând eforturi suplimentare de acomodare;
- capacitatea de muncă, care poate să scadă până la pierderea ei temporară, odată cu instalarea surmenajului prelungit, provocând chiar psihonevroze persoanelor neantrenate şi fără posibilitate de adaptare neuropsihică.

Profilaxia acestor tulburări constă în aceleaşi măsuri profilactice în cazul tulburărilor provocate de accelerația maximă (anterior expuse), la care se mai adaugă măsurile tehnice de amortizare a vibrațiilor la construcția şi dotarea aeronavelor, tot mai perfecționate din acest punct de vedere.

7. Protecția sănătății echipajului

Principiile care stau la baza controlului medical pentru securitatea zborului sunt:

- supravegherea medicală activă a sănătății personalului navigant;
- controlul igienic al condițiilor de muncă şi de trai ale personalului navigant.

Aceste principii se aplică prin diverse mijloace, forme şi metode şi ele sunt schițate în cele ce urmează.

7.1. Controlul medical la aerodrom

Pe aerodrom echipajul este supus unui control medical, care constă în următoarele operații:

- urmărirea modului cum reacționează organismul personalului navigant la acțiunea diferiților factori care apar în timpul zborului (altitudinea joasă, spargerea plafonului de zbor etc.);
- constatarea modului de suportare a suprasarcinilor în cazul apariției răului de avion, a bolii de înălțime;
- interzicerea temporară de la zbor, dacă este cazul;
- diverse observații medicale, asupra temperamentului, caracterului, reactivității marilor funcțiuni ale organismului etc.;
- observarea medicală a supunerii la un antrenament, la sol ori la zbor, suplimentar;
- ridicarea nivelului cunoştinţelor medicale, prin discuții, prelegeri şi seminarizări asupra problemelor ridicate de medicina aeronautică, la începători mai ales, şi sesizarea greşelilor aplicării normelor igienice de zbor, mai frecvente;
- analiza zborului, împreună cu instructorul de zbor;
- notarea, în carnetul de sănătate al personalului navigant, a tuturor datelor ce caracterizează reactivitatea organismului în timpul zborului şi rezistența sa.

7.2. Controlul medical înainte de zbor

În afara de controlul medical efectuat la aerodrom, echipajului i se mai face un control medical înainte de decolare, care constă în:

- controlul asupra respectării regimului de muncă, de odihnă şi a regimului alimentar, din ultimile zile, mai frecvent cu 24 de ore în urmă;
- controlul echipamentului adecvat timpului;
- controlul tensiunii arteriale şi al pulsului;
- controlul vederii, în special în timpul zborului nocturn.

7.3. Examenele medicale periodice

Echipajele sunt supuse unor examene medicale periodice, care se fac anual - de către o comisie medicală - şi de 2-3 ori pe an, de către medicul întreprinderii.

Comisia medicală, compusă din medici de diverse specialități medicale, supune personalul navigant, o dată pe an, unor examinări atente pe specialități: de laborator, radiologic, ochi, nas, gât, urechi, reflexe şi reacții la diverse probe, organele interne şi neuropsihic pentru depistarea eventuală a diverselor afecțiuni.

Comisia medicală prescrie planul de măsuri profilactice şi curative adresate fiecărui cadru aeronavigant, indicând, după caz, tratamentul medical la staționar, ambulatoriu, în case de odihnă, la domiciliu, eventual concediu medical, limitarea activității de zbor, regim dietetic etc.

8. Primul ajutor

Atât în caz de îmbolnăviri, cât şi în caz de răniri în urma unor accidente, este necesar ca, până în momentul când bolnavul va fi încredințat medicului, să i se dea imediat unele îngrijiri, care constituie primul ajutor. În cele ce urmează se arată, în linii mari, diversele suferințe care pot afecta organismul, modul cum se tratează şi modul cum se acordă primul ajutor, atât în caz de îmbolnăviri, cât şi în caz de accidente.

8.1. Algiile

Denumirea de algii înglobează diversele dureri care pot avea cauze diferite şi deci şi tratamente diferite, aşa cum se arată în cele ce urmează:

a) *durerile de cap şi de dinti*. În general, aceste dureri se tratează cu antinevralgic, cu sedative şi cu somnifere;

b) *durerile în cutia toracică (piept).* Aceste dureri necesită o intevenție imediată, întrucât pot fi date de angina pectorală sau de infarctul miocardic, al căror mod de manifestare este descris în continuare:

- *angina pectorală* se manifestă prin dureri toracice bruşte, acute, mai ales după un efort sau agitație, însoțite de senzația de obstrucție toracică, de sufocare şi de arsuri în spatele sternului (osul mediu al pieptului pe fața sa posterioară), dureri ce iradiază spre şi de-a lungul brațului stâng.

Tratamentul se realizează începând cu aşezarea bolnavului în poziție jumătate şezând (nu culcat) şi cu repaus absolut, i se oferă un păhăruț cu o băutură alcoolică tare, i se aplică aparatul cu mască de oxigen, i se administrează o tabletă de nitroglicerină sub limbă (nu se înghite), recomandându-i-se bolnavului să înghită doar saliva în care treptat se dizolvă tableta, pe care o va menține sub limbă până la completa dizolvare.

- *infarctul miocardic* se manifestă prin dureri toracice precordiale - atât în mişcare, cât şi în repaus - intense şi de durată, bolnavul fiind în stare de şoc, livid, chiar cu pierderea cunoştinței.

Tratamentul obligă la repaus absolut fizic şi psihic (fără agitație în jur, fiind deci absolut necesară îndepărtarea curioşilor), se administrează antinevralgice şi se aplică masca de oxigen.

c) *durerile de abdomen (burtă)*. Aceste dureri pot fi determinate de afecțiuni ale organelor digestive sau uro-genitale. Ele pot fi extrem de puternice şi bruşte, în care caz se numesc colici - mai frecvente la ficat şi rinichi - spre deosebire de durerile abdominale surde şi permanente, dintre care mai frecvente sunt cele de stomac, de intestine, durerile apendicelui cecal sau durerile menstruale.

Tratamentul durerilor surde şi permanente abdominale obligă la repaus culcat, comprese reci pe abdomen, cu interzicerea băuturilor şi a medicamentelor (în afară de cazul când bolnavul îşi cunoaşte boala şi are la el medicamentul respectiv).

În cazul colicilor se recomandă repaus culcat, comprese calde în locurile dureroase (ficat-sub coaste, în dreapta, rinichi-lombe (sale), în stânga sau în dreapta, după caz, iar ca medicație: spasmoverin.

În cazul durerilor menstruale, se aplică comprese calde pe abdomenul inferior în poziția culcat şi se administrează antinevralgice puternice, ca algocalmin sau spasmoverin.

8.2. Senzația de sufocare

Sufocarea este generată, mai ales, de maladia astmatică (astmul) - care se manifestă permanent în afecțiunile cronice ale bronhiilor - şi de emfizemul pulmonar, care are ca simptom principal respirația greoaie şi senzația de sufocare, de lipsă de aer.

Tratamentul, în ambele cazuri, indică poziția jumătate şezând, repaus absolut cu interzicerea vorbirii, eliberarea părților strânse de îmbrăcăminte şi aplicarea măştii cu oxigen.

8.3. Leşinul

Starea de leşin constă în pierderea subită a cunoştinței, care începe cu tulburări ale atenției, simțurilor, gândirii, cu anumite reacții ale organelor interne, în special inimă şi plămâni. Această stare de pierdere a cunoştinței apare în urma accidentelor mari, a şocurilor puternice, în timpul unor boli, ca: apolexie, comoție cerebrală, epilepsie, boli de inimă, diabet, ca şi în urma unor situații speciale anormale, ca: înec, ştrangulație, electrocutare, otrăviri.

Tratamentul lipotimiei (leşinului) este variat ca atitudine medicală şi medicatie, în funcție de cauzele care l-au provocat, precum şi de etapa bolii respective şi trebuie adaptat după caz. Pentru aceasta, în primul rând, se îndepărtează cauzele majore, ca: oprirea hemoragiei, îndepărtarea corpurilor străine din căile respiratorii, întreruperea curentului electric etc.

Aşezarea bolnavului se impune a fi diferită, dupa caz. Dacă fața bolnavului este de culoare roşie sau învinețită, se aşează în poziție jumătate şezând, pentru a se micşora cantitatea de sânge arterial sau venos care dă culoarea roşie a feței. Dacă culoarea feței este palidă, galbenă, bolnavul se aşează culcat pe spate, cu picioarele ceva mai sus, pentru a mări cantitatea de sânge la cap, în lipsa căruia apare culoarea palidă a feței. În caz de convulsii (contracturi puternice ale marilor grupe musculare, ca în epilepsie, numită popular “boala copiilor”), nu se schimbă poziția corpului celui leşinat, i se aşează doar ceva moale sub cap pentru a i-l aduce în prelungirea corpului, în felul acesta facilitând poziția normală de respirație: se îndepărtează obiectele de care s-ar lovi bolnavul sau pe care ar putea să le răstoarne, i se introduce o batistă ghemuită între dinți, pentru a nu-şi muşca limba şi pentru a nu-şi sfărâma dinții prin contractura puternică a muşchilor maseteri (masticatori) ai obrazului.

În oricare caz de leşin, pentru a uşura respirația, căile respiratorii trebuie să fie libere, ceea ce se realizează prin: desfacerea îmbrăcămintei la gât, la piept, la mijloc (guler, sutien, centură, chiloți), îndepărtarea cu un tampon de vată a mucozităților din gură, din faringe şi din nas, îndepărtarea eventualelor corpuri străine din gură (dantura artificială), tragerea limbii, apucând-o cu un tifon sau cu o batistă (astfel alunecă din mână), de partea stângă a laringelui, deplasarea în jos a maxilarului inferior, pentru a-i menține gura deschisă, mişcarea ritmică a limbii, trăgând de ea de 20 de ori pe minut, în ritmul respirației normale, ținerea capului aplecat spre umărul stâng.

În acelaşi timp, i se asigură bolnavului aer proaspăt prin tubul de aer ventilator, i se aşează masca de oxigen ori i se face respirație artificială.

Pentru creşterea tensiunii arteriale, care este scăzută în caz de paloare a feței, se procedează astfel: se stropeşte fața cu apă rece sau cu sifon de la gheață, se freacă (masează) extremitățile (mâini, picioare), pentru a le încălzi, se insuflă vapori de amoniac sau de parfum tare, se practică un masaj uşor al inimii, prin lovituri uşoare cu palma în regiunea precordială, într-un ritm de 60 de lovituri pe minut, urmărind secundarul ceasului.

8.4. Contraindicațiile zborului din punct de vedere medical

Organismul sănătos, aşa cum am văzut din capitolele precedente, se adaptează la condițiile din timpul zborului, variate față de cele de la sol. În cazul unor anumite boli zborul este contraindicat, fiindcă organismul bolnav pierde, total sau parțial, posibilitățile de adaptare la noile condiții de funcționare la bordul avionului, variate după caz, la decolare, ascensiune, zbor plan, coborâre şi aterizare.

Contraindicații majore se impun în cazul unor boli, precum şi în anumite stări fiziologice, legate de sarcină (după luna a opta) şi de vârsta înaintată (cu eficiență redusă a organelor).

Sunt contraindicate, la permiterea zborului, următoarele boli:

- bolile respiratorii ca: bronsiectazia pulmonară, congestia pulmonară, pneumonia, emfizemul pulmonar, bronşita cronică, pleurita, pneumotoraxul, stările acute, inflamatorii şi hipertrofice faringiene (care afectează trompa lui Eustache);
- bolile cardiovasculare (de inimă şi de circulație sanguină), ca: infarctul cardiac cu o vechime mai mică de 12 luni, accesele de angină pectorală, hipertensiunea arterială mare, anomaliile cardiace congenitale ori câştigate, boli ale valvulelor cardiace;
- bolile tubului digestiv, ca: ulcerele active gastrice, gastroduodenale sau duodenale, admițându-se transportul aeros doar după două luni de la vindecare sau cel putin zece zile de la operațiile chirurgicale pe tubul digestiv, diabetul necompensat, bolile de ficat;
- bolile nervoase, ca: epilepsia, schizofrenia, psihastenia gravă;
- bolile contagioase, de orice natură şi în orice fază.

Este recomandabil ca, înainte de zbor, bolnavii să întrebe pe medicii lor curanți dacă starea prezentă a bolii lor le permite să nu folosească aerotransportul.

CAPITOLUL VII
TEHNICA PILOTAJULUI

1. Manevrarea planoarelor

Manevrarea planoarelor este un lucru important în cadrul activității de zbor şi toți piloții planorişti trebuie să acționeze în mod activ la desfăşurarea acestei activități.

Dacă nu suntem atenți în timpul manevrelor care se execută pe sol cu planoarele, vom produce deteriorări ale acestora, deteriorări care în final vor duce la scoaterea din uz a planoarelor respective. Practic manevrele se încep încă din hangar când se ia în primire planorul de la tehnicieni şi se pregăteşte pentru a fi scos la zbor. Pregătirea planorului, pentru deplasare, constă în dehusare, blocarea comenzilor (manşa şi palonierul) şi închiderea cabinei (carlingei).

Maneverele de deplasare a planorului se execută lent pentru a evita coliziunile acestuia cu alte planoare sau obstacole. În timpul manevrelor o persoană va ține la capătul planului, supraveghind modul de deplasare a planorului şi dând în acelaşi timp comenzile necesare în timpul manevrelor. Persoanele care participă la manevrele de deplasare vor împinge de bordul de atac sau din zonele de încastrare a aripii cu fuselajul.

Persoana care comandă va da comenzi scurte, clare şi rare pentru a fi înțelese de toți cei care participă la manevrele respective.

Comenzile care se dau sunt următoarele:

- spre bot (spre înainte);

- spre coadă;

- rotit pe loc (stânga sau dreapta);

După ce a fost scos din hangar, planorul trebuie deplasat la start în vederea începerii activității de zbor, deplasare ce se poate realiza, fie împingându-l cu mâna fie remorcându-l în urma unui autovehicul. După ce a fost transportat planorul va fi pus pe linia de aşteptare stând cu aripa, care este în vânt, pe sol şi având deasupra paraşuta. Totodată, pentru siguranță se vor scoate frânele aerodinamice.

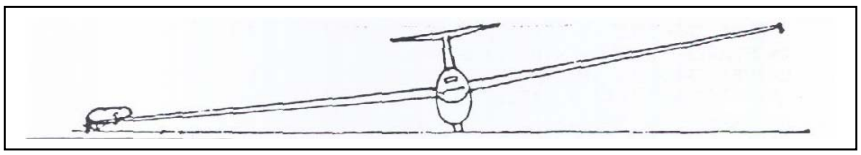


Fig. 1.1. Planor pe linia de aşteptare

2. Conținutul planorului

Înainte de începerea activității de zbor se va efectua un control al planorului pe sol.

Acest control permite asigurarea că planorul nu prezintă defecțiuni aparente şi că este în stare bună de zbor. Dacă în timpul activității planorul rămâne nesupravegheat va fi necesar ca înainte de zbor să se facă iarăşi un control amănunțit şi care cuprinde următoarele părți:

A. controlul cabinei unde se verifică:

- paraşuta, chingile de scaun;
- absența corpurilor străine;
- deblocarea şi funcționarea comenzilor (manşă, palonier, frână aerodinamică, volet, compensator, declanşator);
- fixarea şi integritatea tabloului şi a instrumentelor de bord;
- fixarea acumulatorului şi funcționarea stației radio;
- starea şi curățenia plexiglasului.

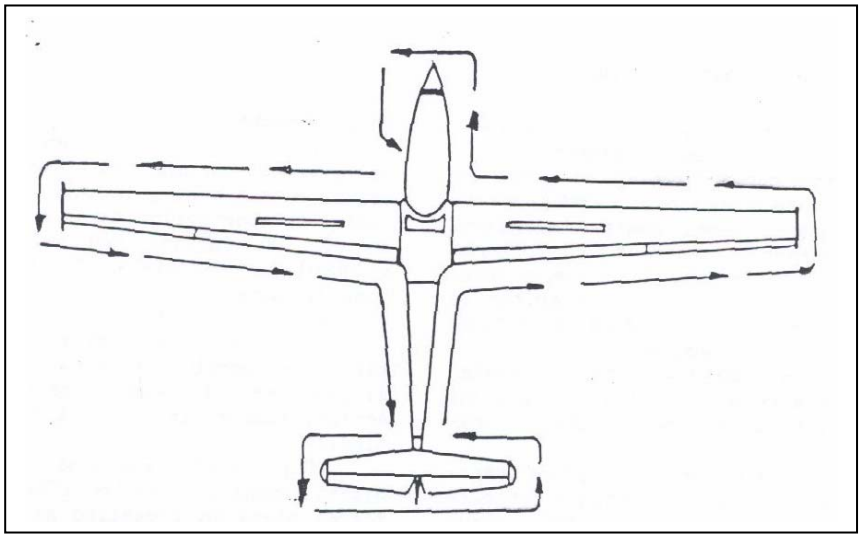


Fig. 2.2. Controlul planorului

B. controlul exterior al planorului unde se verifică:

- fixarea capotajelor la încastrarea aripii pe fuselaj;
- aripa stângă, verificând starea suprafeței (nituri slăbite), jocul eleronului, starea frânei aerodinamice, jocul la încastrarea aripii, precum şi lanțul cinematic al comenzilor, prin intermediul ferestrelor de vizitare;
- fuselajul (starea învelişului şi eventualele deformații produse în urma unor lovituri);
- ampenajele (orizontal şi vertical), verificând starea şi jocul suprafețelor de comandă; jocul ampenajelor la încastrarea pe fuselaj. Totodată se verifică şi unghiurile de bracaj ale profundorului şi ale direcției;
- se continuă verificarea fuselajului pe partea dreaptă, după care se va controla aripa dreaptă, ajungând în final tot în față unde se va verifica starea prizei de aer;

- starea declanşatoarelor şi a trenului de aterizare;

Cu aceasta, planorul este pregătit pentru zbor.

3. Şcoala carlingii

Înainte de începerea zborurilor propriu-zise elevul pilot va trebui să se familiarizeze cu cabina planorului.

În cadrul acestei operații, elevul pilot va executa echiparea cu paraşuta, îşi va regla poziția scaunului în funcție de înălțimea pe care o are pentru ca în planor să stea într-o poziție comodă şi lejeră. Această poziție este necesară pentru a ajunge uşor cu mâinile la comenzi, iar în cadrul zborurilor care durează mai mult să nu se obosească organismul. După ce s-a reglat poziția scaunului se execută urcarea în planor, se va lega în chingi şi apoi se vor ajusta pentru a nu fi nici prea largi, nici prea strânse pe corp. În continuare se reglează poziția palonierului de aşa natură, încât atunci când acesta este împins complet să nu stea piciorul întins iar când palonierul este tras complet spre pilot să nu se lovească cu genunchiul de tabloul cu instrumente de bord.

În final se urmăreşte cunoaşterea şi poziția instrumentelor de bord şi se face o verificare a cursei manşei şi palonierului, după care suntem gata pentru zbor.

4. Balansarea

După ce viitorul pilot s-a familiarizat cu cabina planorului, cu poziția comenzilor şi cu modul de acționare a acestora, se va trece la executarea temei numită *balansare.* Acest exercițiu *are ca scop formarea deprinderilor pilotului de a lucra cu manşa şi palonierul simultan şi în aceeaşi parte fără a acționa manşa în profunzime.*

În vederea executării temei se preferă să se pună planorul cu botul în vânt, pe un reper vizibil la orizont.

După aceasta pilotul se pregăteşte de zbor, executând o echipare cu paraşuta, reglarea poziției scaunului, a palonierului şi legarea în chingi. În continuare va închide cabina şi o va siguranța, apoi va prinde manşa cu mâna dreaptă, va pune mâna stângă sprijinită de piciorul stâng şi va sprijini picioarele pe paloniere.

Colegii care ajută la capetele de plan (aripă), vor aduce planorul la orizontală, iar elevul pilot va lua poziția corespunzătoare pentru zbor, adică va aduce manşa în poziția neutră (la indicația instructorului), palonierele la mijloc şi va privi la reperul ales pe orizont.

În momentul când planorul se va înclina la stânga, va trebui să dea manşă şi palonier dreapta, iar când planorul revine la orizontală (ca urmare a comenzilor date), va reveni cu manşa şi palonierul în poziția neutră.

Instructorul de zbor urmăreşte în permanență modul cum elevul lucrează cu manşa şi palonierul şi dă indicații sportivilor de la capătul de plan să încline sau să aducă planorul la orizontală, funcție de comanda dată de elevul pilot din planor.

La început veți urmări corectitudinea lucrului cu manşa lateral şi palonierul în aceeaşi parte, în acelaşi timp şi în canități proporționale.

După ce ați reuşit să sincronizați comenzile, vom trece la următoarea etapă de pregătire şi anume efectuarea balansărilor urmărind lucrul cu manşa lateral şi palonierul în aceeaşi parte fără a acționa manşa în profunzime.

Acest exercițiu ne va forma deprinderile de a lucra cu manşa având o mişcare a mâinii din umăr. La început va exista tendința de a executa mişcările mâinii din cot, ceea ce va duce la o mişcare a manşei în profunzime odată cu mişcarea laterală.

Totodată în cadrul balansărilor ne vom obişnui să nu înclinăm capul când planorul este scos de la orizontală, adică să ne obişnuim cu faptul că facem corp comun cu planorul şi deci vom lua în permanență poziția pe care o are planorul în zbor.

5. Aclimatizarea

Cu acest exercițiu practic începeți activitatea de zbor. La primele zboruri veți urmări modul cum se comportă organismul în zbor, ce senzații apar şi cum le recepționăm.

Datorită faptului că odată cu creşterea înălțimii presiunea atmosferică scade, respectiv la scăderea înălțimii presiunea creşte destul de repede, va trebui ca în permanență să ne obişnuim să *înghițim în sec*, pentru a echilibra presiunea din interiorul urechii cu cea din exteriorul ei.

La avioanele de transport călători acest lucru se realizează prin faptul că la decolare şi apoi la coborâre se distribuie călătorilor câte o bomboană.

Dar scopul principal al aclimatizării este de a ne familiariza cu spațiul tridimensional, cu zborul în sine.

În cadrul acestor zboruri trebuie să ne obişnuim cu modul cum se vede solul de la o înălțime, modul cum se vede aerodromul ca aşezare şi formă, activitatea pe aerodrom, reperele înconjurătoare ale aerodromului precum şi modul cum ne orientăm față de aceste repere.

După ce ne-am familiarizat cu zborul vom trece la următorul exercițiu şi anume:

6. Efectul comenzilor

În cadrul acestui exercițiu vom urmări modul *cum se comportă aeronava când vom acționa una sau mai multe comenzi simultan.*

Vom începe cu acționarea manşei în profunzime. La început vom împinge de manşă împreună cu instructorul şi apoi vom repeta comanda de împingere sau tragere de manşă singuri. *La împingerea manşei vom observa că orizontul se ridică (botul coboară) şi apoi creşte viteza de zbor. Similar, la tragerea de manşă vom observa că botul se ridică (orizontul coboară) şi viteza de zbor scade, respectiv panta planorului se micşorează* (Fig. 6.3.a, b).

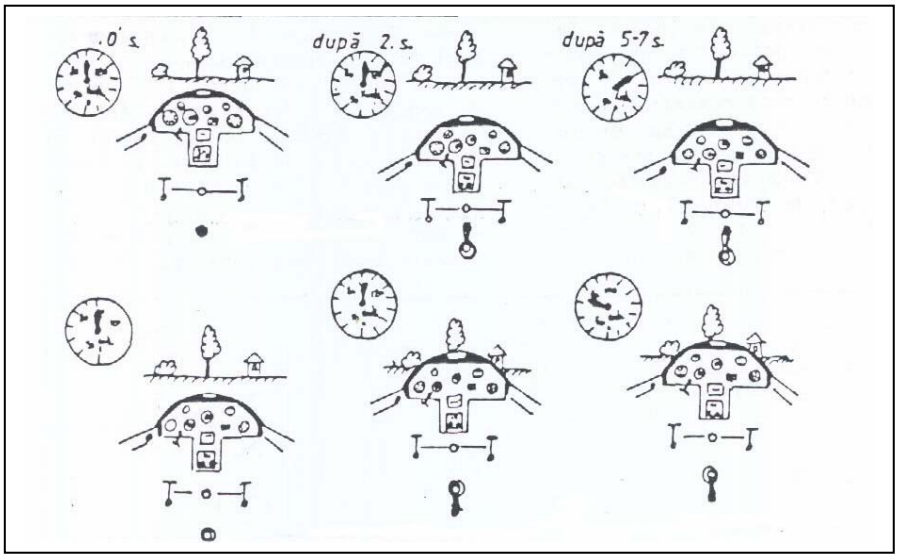


Fig. T.6.3.a. Efectul manşei în profunzime

Deci când vom acționa manşa în profunzime, vom modifica panta de zbor, respectiv vom modifica viteza aeronavei.

În continuare vom acționa palonierul lateral. La început împreună cu instructorul şi apoi singur *veți acționa palonierul în partea stângă şi veți constata că planorul se roteşte spre stânga şi apoi se înclină* (tot în partea stângă).

La acționarea palonierului, planorul se va roti, fapt ce va determina ca *aripa din exteriorul virajului să aibă o viteză de deplasare mai mare ca cea din interior, deci va avea o portanță mai mare ceea ce va determina ridicarea aripii, deci înclinarea planorului. La fel se întâmplă dacă acționăm palonierul în partea dreaptă* (Fig. 6.4.).

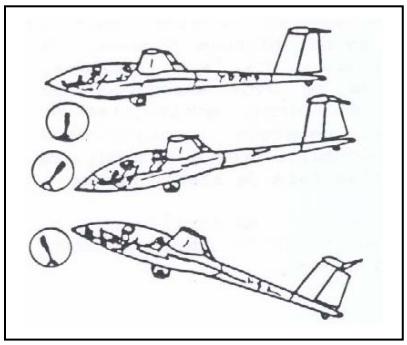


Fig. 6.3.b.

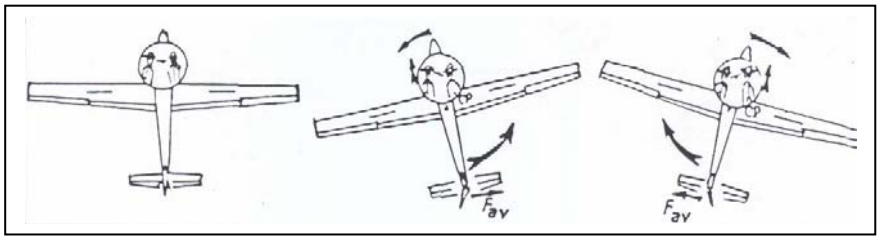


Fig. 6.4. Efectul acționării palonierului

Această tendință de înclinare se numeşte *înclinare indusă* şi se manifestă ca *un efect secundar al comenzii de palonier* dată.

Înclinarea indusă mai apare şi în viraj, unde aripa din exterior se va roti mai repede ca cea din interior. Pentru a nu permite planorului să se încline când acționăm palonierul sau când suntem în viraj (deci *pentru a menține înclinarea dorită*) *va trebui să trecem cu manşa puțin în partea opusă înclinării*.

Prima dată veți acționa palonierul împreună cu instructorul, apoi veți da comandă singuri şi veți urmări evoluția planorului. Cu aceasta ocazie veți constata că, față de balansări, trebuie să acționați cu un efort mai mare palonierul. Acest lucru se datorează faptului că acum acționează asupra direcției masele de aer care creează o forță de deplasare laterală a cozii planorului.

În continuare veți lua (din nou reper) pe orizont şi veți trece la acționarea manşei lateral (vezi Fig. 6.5.).

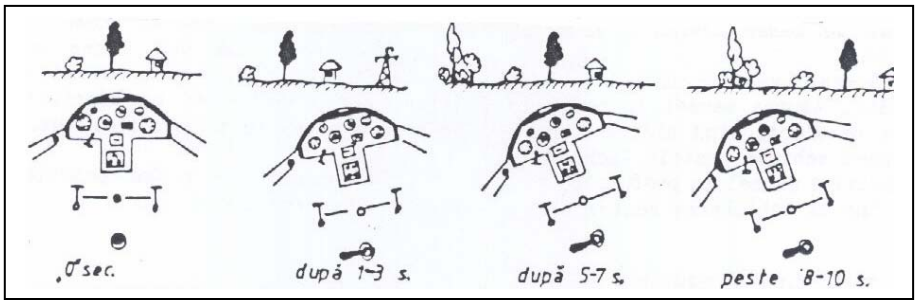


Fig. 6.5. Efectul acționării manşei lateral

Privind reperul *veți acționa manşa lateral stânga şi veți observa că inițial botul o va lua la dreapta* (apare momentul negativ), *şi apoi* **planorul se va înclina la stânga** *şi se va roti la stânga*.

La început veți acționa împreună cu instructorul, apoi veți acționa manşa singuri, stânga şi apoi dreapta. În momentul când veți acționa manşa dreapta, fenomenele se vor repeta (ca şi în cazul anterior) adică botul va pleca spre stânga, apoi planorul se va înclina şi în sfârşit se va roti spre dreapta.

După ce ați lucrat cu palonierul şi manşa separat, vom ***coordona*** comenzile şi vom acționa simultan manşa şi palonierul în partea stângă. Vom observa că acum nu mai apare momentul negativ, botul rămânând pe reper, planorul se înclină şi apoi se va roti spre stânga. La fel se întâmplă şi când acționăm manşa şi palonierul în dreapta, botul rămâne pe reper, planorul se înclină spre dreapta şi apoi se va roti spre dreapta.

Tot acum veți observa şi cantitatea de manşă şi palonier ce trebuie acționată pentru a înlătura momentul negativ. Acest lucru este important pentru trecerea la executarea *liniei drepte*.

Tot la efectul comenzilor va trebui să învățăm ce rol are compensatorul pe un planor în timpul zborului şi ce efecte are acționarea acestuia. Astfel, în zbor normal în linie dreaptă vom lăsa manşa lejer şi vom împinge compensatorul spre bot. Veți observa că manşa pleacă singură spre tabloul de bord, panta se măreşte şi viteza creşte.

Dacă vom trage de comanda compensatorului, vom observa că manşa revine spre noi, botul urcă spre orizont (panta se micşorează) şi viteza scade.

Acum vom aduce planorul din nou în pantă normală, vom stabiliza viteza, instructorul va compensa planorul pentru viteza respectivă, după care ținând manşa în mâna dreaptă, cu stânga vom acționa compensatorul spre înainte.

Totuşi noi nu vom premite manşei să-şi schimbe poziția şi vom observa că a apărut un efort pe manşă care tinde să o împingă spre înainte. Dacă tragem de compensator dispare efortul (anterior) şi apoi va apare un altul în sens invers care va căuta să împingă manşa spre noi.

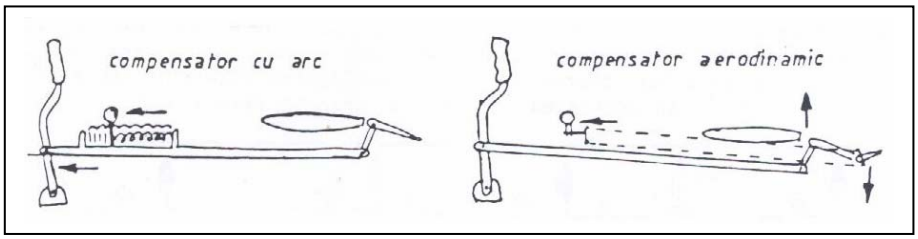


Fig. 6.6. Metode de compensare a planorului

Compensarea planorului pentru o anumită pantă (viteză) constă tocmai în operația prin care cu ajutorul compensatorului se elimină efortul de manşă pentru o anumită poziție.

Aceasta va determina un pilotaj uşor, asupra manşei în poziția neutră nemaiacționând nici o forță care să-i schimbe poziția (schimbarea poziției manşei în profunzime va determina şi schimbarea pantei planorului).

În finalul acestei teme a rămas să vedem cum vom lucra cu maneta de comandă a voletului şi a frânei aerodinamice şi ce eforturi apar pe acestea în timpul zborului.

Cu aceasta se poate practic începe învățarea zborului.

7. Linia dreaptă

Procesul de învățare se începe cu executarea liniei drepte. *Executarea unui zbor în linie dreaptă înseamnă menținerea planorului pe o pantă constantă, cu aripile la orizontală, deplasarea executându-se spre un reper ales pe orizont*. La început instructorul vă va pune planorul în poziția

pentru zbor în linie dreaptă şi în panta normală spre un reper ales la orizont şi apoi se va trece la executarea liniei drepte.

Linia dreaptă se învață în mai multe etape şi anume:

- menținerea poziției în zbor cu aripile la orizontală (menținerea orizontalei);
- menținerea vitezei normale de zbor (panta normală);
- devieri şi devieri cu reveniri;

În cadrul primelor zboruri, instructorul vă va ajuta menținând panta de zbor, iar dvs. va trebui să mențineți planorul cu aripile la orizontală lucrând cu manşa şi palonierul *coordonat* (pentru a nu apare momentul negativ).

În practică, în timpul zborului pilotul va menține planorul cu aripile la orizontală, urmărind poziția cabinei (a tabloului de bord față de orizont). Se ştie că **cea mai mică înclinare va duce la executarea unei rotiri** în timp, deci a unui viraj.

În concluzie, pentru a putea executa o linie dreaptă va trebui să menținem planorul la orizontală în permanență (cu înclinarea aripilor nulă). Pentru început va fi foarte dificil să observați înclinările (aripilor) mici, dar veți sesiza uşor deplasarea reperului în stânga sau în dreapta (Fig.7.7.).

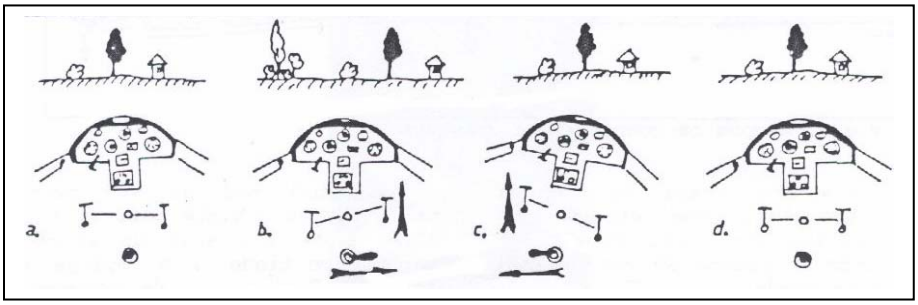


Fig. 7.7. Menținerea planorului pe reper

Astfel dacă reperul se va deplasa în dreapta, (botul a plecat spre stânga), va trebui să "dăm" manşă şi palonier dreapta în cantități proprționale, comenzi cu amplitudine mică, iar când planorul ajunge cu botul pe reper vom aduce comenzile în poziția neutră (la mijloc).

La început se va întâmpla ca în timpul revenirii pe reper, în urma acțiunii comenzilor de manşă şi palonier date, planorul să se încline în partea dreaptă. În această situație nu mai este suficient să revenim cu comenzile la poziția neutră, ci trebuie să acționăm manşa şi palonierul în stânga pentru a aduce planorul cu aripile la orizontală şi apoi să aducem comenzile în poziție neutră.

În primele zboruri o mare parte din elevi uită să acționeze palonierul, fapt ce determină apariția momentului negativ, deci deplasarea şi mai mult a botului față de reper, lucrul care va determina acționarea comenzilor în cantitate mai mare, înclinări mai mari şi repectiv mențineri pe direcție mai dificile. Tot în primele zboruri se poate întâmpla ca, încercând să aducem manşa şi palonierul în poziția neutră, să le trecem în partea cealaltă, fapt care va determina rotirea botului în continuare.

În momentul în care sesizăm deplasarea reperului va trebui să repetăm comenzile pentru a menține planorul în linie dreaptă. După ce ne-am obişnuit cu menținerea planorului la orizontală, vom trece la executarea zborului cu menținerea pantei de zbor.

Pentru început instructorul va compensa planorul la viteza corespunzătoare pantei normale de zbor, lucru necesar pentru ca elevul să nu aibă de eliminat eforturi pe manşă în timpul zborului pe panta normală.

Paralel cu menținerea pantei se execută şi finisarea exercițiului de menținere a planorului la orizontală.

Menținerea pantei se obține luncrând cu manşa în profunzime.

Astfel, *dacă panta se micşorează* (se ridică botul față de orizont), *vom împinge de manşă până când planorul ajunge cu botul în poziția inițială față de orizont şi apoi vom reveni cu manşa în poziția neutră* (vezi Fig. 7.8.a.).

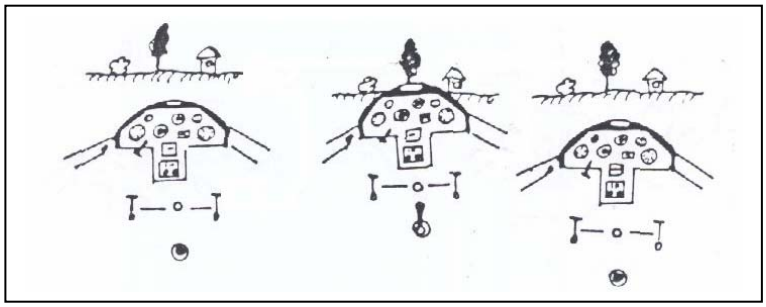


Fig. 7.8.a. Menținerea pantei de zbor

În cazul în care panta se măreşte (botul coboară față de orizont), *vom trage de manşă până când botul ajunge în poziția inițială şi apoi vom reveni cu manşa în poziție neutră* (vezi Fig. 7.8.b.).

În cadrul primelor zboruri se întâmplă ca acționând manşa în profunzime, să întârziem cu revenirea şi atunci botul va trece în partea cealaltă față de orizont, fapt ce va determina din nou necesitatea acționării manşei în profunzime.

În cele mai frecvente situații vom avea de lucru pentru menținerea planorului în linie dreaptă, atât cu manşa în profunzime, cât şi cu manşa în lateral şi palonier, aceasta datorită faptului că planorul este scos din poziția de zbor în echilibru de mişcări verticale ale maselor de aer sau chiar de mişcări involuntare de manşă şi palonier. Trebuie avut în vedere ca în timpul învățării acestui exercițiu *elevul să stea degajat în planor, să fie bine legat în chingi* pentru a face corp comun cu planorul, *să execute comenzile de manşă lateral cu o mişcare din umăr*, pentru ca mişcarea să fie perfect laterală şi fără să se tragă sau să se preseze de maşă involuntar.

Elevul, în timpul zborului, va privi la orizont şi la modificările care apar în poziția botului (tabloul de bord) față de acest orizont. Se va ajuta la menținerea pantei de zbor, verificând corectitudinea acesteia după vitezometru pe care îl va privi din timp în timp. Elevul trebuie să se obişnuiască cu faptul că toate comenzile se dau lin, în cantități mici, iar după ce se obține efectul dorit se revine cu aceste comenzi în poziție neutră.

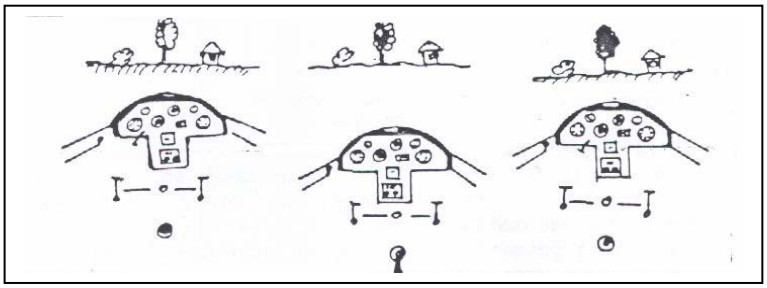


Fig. 7.8.b. Menținerea pantei de zbor

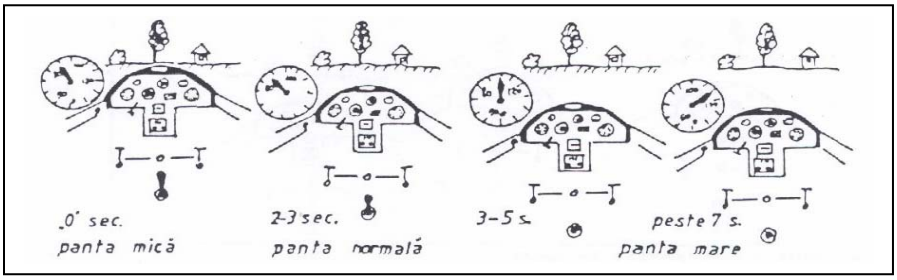


Fig. 7.9. Menținerea liniei drepte în mod greşit

Este greşit ca elevul să se obişnuiască să execute linia dreapta după indicația vitezometrului, datorită faptului că acesta are o întârziere de câteva secunde în indicaţtii, lucru ce va duce la executarea unui zbor cu pantă variabilă (vezi Fig. 7.9.).

După ce am învățat să zburăm în linie dreaptă vom trece la executarea devierilor.

7.1. Devierea şi revenirea pe reper

Devierile de la reper reprezintă schimbări de direcție de până la 45°. Scopul acestor devieri este de a învăța elevul cu senzația schimbărilor de direcție şi pregătirea executării virajului. Executarea devierilor se realizează în felul următor:

Din zbor în linie dreaptă se alege un reper spre stânga sau dreapta (partea în care dorim să executăm devierea), apoi se va da comandă de intrare în deviere. Aceasta constă în o comandă de manşă lateral şi palonier în partea dorită (vezi Fig. 7.10.). Comandă se va da cât mai fin posibil pentru a putea observa cum reacționează planorul.

Când înclinarea planorului a atins cca. 15°-20°, vom da manşă şi palonier în partea opusă pentru a nu-i permite să se încline mai mult. În acest timp planorul se va roti şi când am ajuns pe reper vom da manşă şi palonier, de data aceasta mai hotărât în partea opusă înclinării pentru a aduce planorul la orizontală şi a nu-i mai permite să se rotească, după care revenim cu manşa şi palonierul în poziția neutră. În cele mai frecvente situații în cazul devierilor de pe direcție, dacă vom da comenzi în mod progresiv şi fin, când trecem la executarea menținerii vom fi nevoiți să

dăm şi comenzi de aducere a planorului la orizontală (planorul a ajuns pe reperul ales) şi apoi să aducem comenzile în poziția neutră.

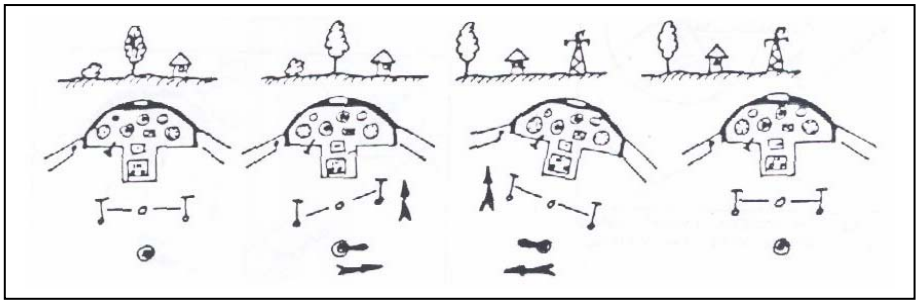


Fig. 7.10. Executarea devierii de pe direcție

Din zborul în linie dreaptă pe noul reper se poate face o nouă deviere pentru a ajunge la vechiul reper.

În timpul executării devierilor pot apare următoarele greşeli:

- *elevul nu face corp comun cu planorul* şi va căuta să stea într-o poziție verticală când planorul se va înclina (înclină capul în partea opusă virajului);
- *nu lucrează cu manşa şi palonierul în acelaşi timp şi în aceeaşi parte;*
- planorul se înclină prea mult datorită faptului că *au fost date comenzi prea ample* sau *nu s-a făcut menținerea la timp*;
- *nu se păstrează panta normală de zbor*, datorită lucrului cu manşa atât lateral cât şi în profunzime (mişcarea mâinii din cot);

După ce am învățat să executăm linia dreaptă, devieri şi reveniri vom trece la executarea virajului.

8. Virajul

Virajul este zborul planorului pe o traiectorie circulară. Are ca scop schimbarea direcției de zbor a planorului.

Virajul se execută în următoarele faze:

a. pregătirea virajului;
b. intrarea în viraj;
c. menținerea virajului;
d. scoaterea din viraj;

a. **Pregătirea virajului** constă în verificarea spațiului aerian în care vom evolua şi luarea unui reper (de ex 90^{o}). Propriu-zis nu este o fază a virajului.

b. După ce ne-am asigurat că în zona în care dorim să facem virajul nu este o altă aeronavă vom da comenzi de **intrare în viraj**, comenzi care constau din maşă şi palonier în partea dorită. Aceste comenzi se dau în aceeaşi parte, în cantități proporționale şi în mod progresiv pentru a putea urmări modul cum se înclină planorul. Cantitatea de palonier dată va fi

ceva mai mare decât cea necesară virajului pentru a elimina momentul negativ. Totodată, pe măsură ce planorul se înclină, se va observa tendința de a coborî botul. Acest lucru se întâmplă datorită faptului că după ce planorul s-a înclinat, direcția bracată va crea o forță F_d ce nu mai este orientată pe orizontală, ci oblic în sus. Această forță va avea o componentă pe verticală F_{dv} care va ridica coada planorului (va coborî botul). Componenta va fi cu atât mai mare cu cât înclinarea în viraj este mai mare (vezi Fig. 8.11.).

Pentru a elimina tendința de a pica botul, va trebui să intervenim cu o forță pe profundor (realizată prin tragere de manşă) care să anuleze componenta F_{dv} (această manevră se numeşte susținerea virajului). Întrucât pentru începători este destul de dificil să execute şi intrarea în viraj şi menținerea pantei corect susținerea virajului, se recomandă că virajele de şcoală să se facă cu înclinări mici (aprox. 15^o-20^o) unde forța pe direcție F_{dv} este mică şi planorul aproape că nu îşi schimbă panta de zbor.

c. Când planorul a atins aproape înclinarea dorită (cca. 15^o-20^o) vom da comenzi de **menținere a virajului**. Aceste comenzi constau în manşă lateral şi palonier în partea opusă înclinării pentru ca planorul să nu se mai încline.

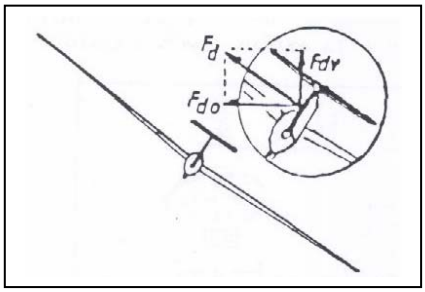


Fig. 8.11. Forțele care apar pe ampenajul vertical în viraj

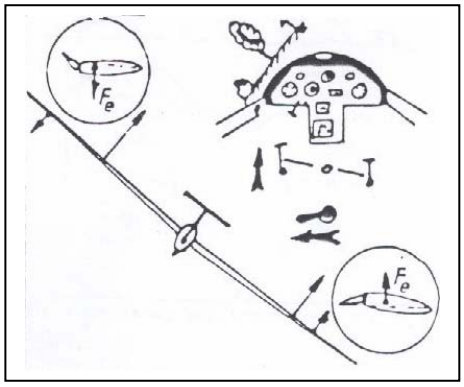


Fig. 8.12. Menținerea virajului

Se dă şi comandă de palonier pentru a scoate cantitatea suplimentară dată la intrare pentru eliminarea momentului negativ.

Comanda laterală de manşă va trebui să treacă dincolo de poziția neutră. Acest lucru este necesar deoarece dacă manşa ar fi în poziție neutră (eleroane nebracate), pe aripa din exterior avem o viteză de deplasare mai mare ca pe aripa din interior, deci pe aripa din exterior vom avea o portanță mai mare, care va duce la ridicarea aripii, deci la înclinarea în continuare a planorului.

Pentru a elimina acest lucru va trebui să creem o forță cu ajutorul eleronului care să anuleze diferența de portanță de pe aripi. Această forță se obține trecând manşa dincolo de poziția de mijloc (bracând eleronul în sus).

Practic, menținerea în viraj nu reprezintă o manevră propriu-zisă, ci mai mult o menținere constantă în timpul virajului a unei pante normale, a înclinării şi o rotire unghiulară constantă.

Menținerea planorului durează pe întreaga perioadă a executării virajului şi constă într-un control al poziției în raport cu orizontul. Rolul pilotului în această fază este de a corecta efectele secundare care pot apare datorită unor greşeli în pilotaj sau a unor perturbații exterioare (rafale verticale). Din acest motiv, în timpul menținerii, comenzile nu vor rămâne strict în poziție neutră, ele fiind acționate în funcție de situația apărută.

Cu cca. 30^o-20^o înainte de ajunge pe reper, vom da comenzi de scoatere din viraj. Cu cât înclinarea este mai mare în viraj, cu atât şi comenzile de scoatere se dau mai din timp.

d. **scoaterea din viraj** se realizează dând manşă şi palonier în partea opusă înclinării şi când planorul a revenit la orizontală, vom reveni cu manşa şi palonierul în poziția neutră.

Întrucât la intrarea în viraj am acționat (în afară de manşă şi palonier lateral) şi manşa în profunzime pentru a menține panta normală la viraje cu înclinare, la scoaterea din viraj va trebui să împingem uşor de manşă pentru a elimnina tendința de ridicare a botului.

Pentru început, elevii vor executa viraje cu următoarele greşeli mai frecvente:

- în timpul virajului există tendința de a ține capul înclinat față de planor (capul în poziție verticală). Acest lucru se datorează faptului că pilotul nu face corp comun cu planorul sau nu este legat în chingi suficient de strâns;
- la intrarea în viraj se dau comenzi prea ample şi planorul se înclină prea mult, fapt ce duce la o menținere a pantei în mod dificil (pantă inconstantă);
- menținerea înclinării nu se execută corect (s-a scos mai puțină manşă sau prea multă), fapt ce va detemina în continuare înclinarea sau, respectiv, revenirea planorului la orizontală;
- elevul nu urmăreşte modul cum se deplasează botul pe orizont (rotirea în viraj). Acest lucru se datorează faptului că în viraj priveşte în jos sau în prelungirea aripii (unde şi-a ales reper);
- scoaterea din viraj se execută cu întârziere, fapt ce duce la depăşirea reperului, fiind necesar apoi să facem corectări (devieri) pentru revenirea la reperul ales;
- cantitățile de manşă nu sunt proporționale cu cele de palonier şi vor rezulta viraje derapate sau alunecate (glisate).

Susținerea virajului constă în activitatea de tragere de manşă în paralel cu operația de menținere a virajului, activitate necesară atunci când virajul se execută cu înclinare mai mare de 15-20 ^{o} şi în consecință apar modificări ale portanței în viraj față de portanța existantă la zborul orizontal. După cum am studiat la cap. Aerodinamică, portanța planorului scade pe măsură ce creşte unghiul de înclinare în viraj.

Dacă nu s-ar efectua operația de susținere a virajului înclinat mai mult de 20-25 ^{o,} panta s-ar modifica datorită micşorării portanței față de zborul orizontal. Acesta este şi motivul pentru care în timpul învățării virajului, instructorul impune efectuarea menținerii când planorul a atins înclinarea de maxim 15-20^0.

8.1. Efectul acționării separate şi coordonate a manşei şi palonierului în viraj

După cum am văzut (vezi Fig. 8.11.), în timpul unui viraj direcția are, când este bracată, şi rol de profundor (va ridica coada planorului). Acelaşi lucru se întâmplă şi cu efectul profundorului.

Astfel, dacă la zborul orizontal, profundorul are efect asupra pantei, pe măsură ce creşte înclinarea creşte şi efectul acestuia asupra vitezei unghiulare de rotire. Cu cât creşte înclinarea şi rolul suprafețelor de comandă se schimbă; astfel la un viraj cu o înclinare de 90^o, profundorul devenind direcție, iar direcția, profundor (vezi Fig. 8.13.).

La viraje cu înclinare mijlocie, (cca.40^o) vom controla viteza de rotire unghiulară printr-un efect sensibil egal al profundorului şi al direcției.

Exemplu: dacă dorim să mărim viteza de rotire, vom trage de manşa şi în acelaşi timp vom presa palonierul spre interiorul virajului. În situația când dorim să micşorăm viteza de rotire unghiulară, vom presa palonierul către exteriorul virajului şi în acelaşi timp vom împinge manşa spre înainte.

Conjugarea comenzilor într-un viraj spre stânga cu înclinare medie, se poate urmări în Fig. 8.14.

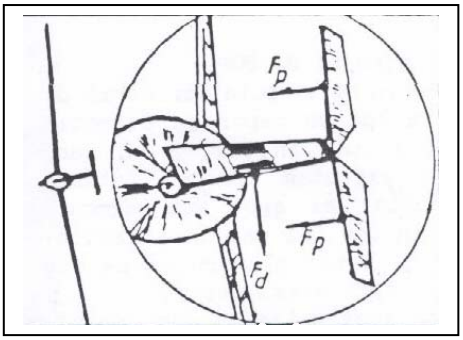


Fig. 8.13. Virajul cu înclinare mare

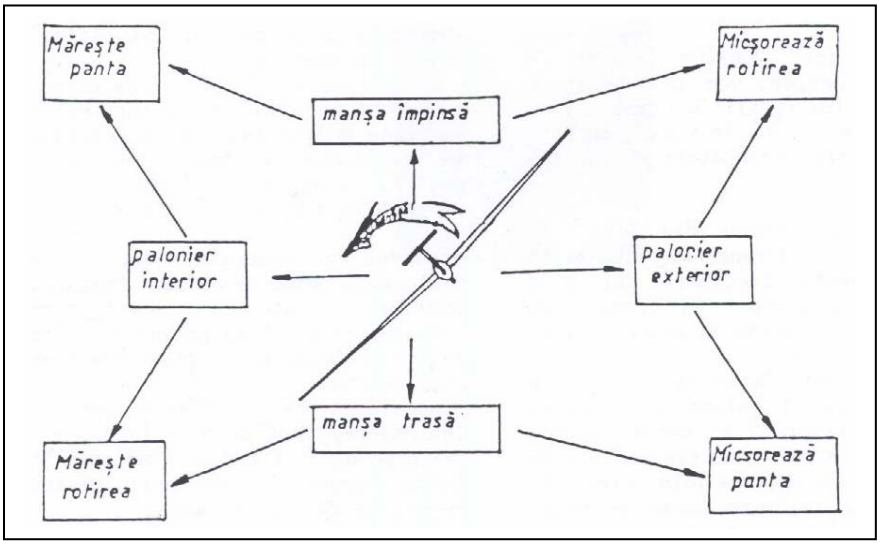


Fig. 8.14. Schema acționării manşei şi palonierului la viraje cu înclinare medie (în fig. viraj stânga)

8.2. Virajele de 90°,180° si 360°

În continuare, vom studia cazurile particulare ale virajelor de 90°, 180° şi 360°.

A. virajul de 90°

Pentru a executa un viraj de 90° se va lua un reper pe direcția vârfului aripii în partea în care dorim să executăm virajul (stânga sau dreapta) şi apoi vom executa virajul în aşa fel ca, după ieşirea din viraj, botul planorului să fie îndreptat spre acest reper.

Vom avea grijă să dăm comandă de scoatere din viraj (pentru un viraj de şcoală cu înclinare de 15°-20°), după ce am parcurs un sector de cerc de cca 60°-70°, adică atunci când mai avem 30°-20° până la reper.

B. virajul de 180°

Se va executa luând un reper în prelungirea aripii (din partea virajului) ca pentru un viraj de 90° şi când ajungem cu botul pe reperul respectiv, mai luăm un reper în prelungirea aripii, continuând în acelaşi timp virajul.

Când mai avem cca. 30°-20° față de cel de-al doilea reper vom da comenzi de scoatere din viraj pentru a ieşi pe reper în linie dreaptă.

C. virajul de 360°

Se va lua reper drept în față (practic avem reperul pe care executăm linia dreaptă), după care vom executa virajul (stânga sau dreapta) şi ne vom opri din nou cu botul pe reperul ales (sau avut anterior).

Execuția virajului se relizează ca la punctele anterioare.

8.3. Virajul glisat şi virajul derapat

Un planor zboară glisat sau derapat atunci când traiectoria sa nu coincide cu planul de simetrie şi fileurile de aer lovesc lateral planorul. Zborul incorect se manifestă atât în linie dreaptă, (alunecare) cât şi în viraj unde prezintă ambele aspecte: zborul glisat (alunecat) sau zborul derapat.

Pentru a elimina aceste neajunsuri nu vom aştepta ca planorul să execute virajul derapat sau glisat ci vom provoca fiecare caz în parte pentru a învăța să aducem planorul în poziția de zbor corectă:

A. virajul glisat

Din viraj corect vom acționa puțin palonierul în partea opusă virajului (practic vom scoate puțin palonier) pentru a micşora viteza de rotire unghiulară, fără a modifica nici panta nici înclinarea şi vom constata că bila se va deplasa spre interiorul virajului. Am modificat direcția celor două rezultante care încetează de a mai fi în planul de simetrie al planorului, acesta aflându-se în viraj glisat (vezi Cap. Aerodinamica, Fig. 17.52.).

Deci, *dacă suntem în viraj glisat (bila se află spre interiorul virajului) va fi suficient să acționăm palonierul în partea virajului* (vom "băga" puțin palonier).

Virajul se mai poate corecta şi micşorând înclinarea acestuia, dar în practică veți observa că este mai uşor să-l corectăm din palonier. Acest lucru se întâmplă deoarece înclinarea planorului în viraj se menține mai uşor, în timp ce rotirea unghiulară este mai greu de menținut.

Totuşi, vom vedea în practică că dacă dorim să executăm un viraj cu o rotire unghiulară mai mare, (raza de viraj mai mică), va fi suficient să executăm un viraj cu înclinare mai mare.

Ca o regulă generală, *dacă planorul glisează* după o intrare în viraj, aceasta se datorează faptului că nu am apreciat bine dozarea comenzii palonierului (nu am acționat palonier suficient pentru anularea momentului negativ). *Corectarea se face prin acționarea palonierului în partea virajului*.

B. virajul derapat

Dacă totuşi din panta normală, cu înclinare normală, vom acționa palonierul în partea virajului pentru a creşte viteza unghiulară de rotire, vom observa ca bila se va deplasa dintre repere spre exteriorul virajului, planorul executând în această situație un viraj derapat (vezi Fig. 17.52.).

Pentru a corecta această situație vom micşora viteza de rotire unghiulară, acționând palonierul spre partea opusă virajului (practic scoțând puțin picior) până când bila ajunge din nou între repere (indicația de viraj corect).

Şi în situația virajului derapat se poate corecta derapajul prin mărirea înclinării (acținarea manşei lateral), dar nu se recomandă pentru ca în timpul învățării virajului am spus că executăm viraje cu înclinare constantă.

De regulă dacă în viraj planorul derapează, cauzele pot fi:

- corectarea excesivă a momentului negativ (prea mult palonier spre interiorul virajului);
- corectarea execesivă a înclinării pe timpul menținerii virajului (prea multă manşă spre exteriorul virajului);
- de multe ori, ambele comenzi simultan (adică se intră cu prea mult palonier şi se execută menținerea fără a scoate palonier şi acționând manşa prea mult).

9. Decolarea şi luarea înălțimii în remorcaj de automosor

Decolarea planorului în remorcaj de automosor se defineşte ca o mişcare uniform accelerată care durează din momentul începerii rulajului şi până când se atinge o înălțime de siguranță de cca. 40-50 m față de planul orizontal care trece prin punctul de începere a rulajului.

Decolarea în remorcaj de automosor cuprinde următoarele faze:

a. rulajul pe sol pentru decolare;
b. desprinderea de pe sol;
c. panta moderată de urcare (până la înălțimea de 40-50 m);

În continuarea remorcajului avem, pe timpul luării înălțimii:

d. panta optimă de urcare;
e. declanşarea

Pentru decolare se exploatează vântul de față pentru a ne ajuta la desprindere şi apoi la urcare (micşorează viteza față de automosor necesară pentru desprindere şi respectiv urcare).

Înaintea decolării pilotul va verifica cabina, instrumentele de bord, comenzile, împinge comanda compensatorului spre înainte şi când totul este în ordine face semn pentru ridicarea aripii la orizontală (prin ridicarea degetului mare de la mâna stângă în sus) şi comunică prin radio că este gata pentru decolare.

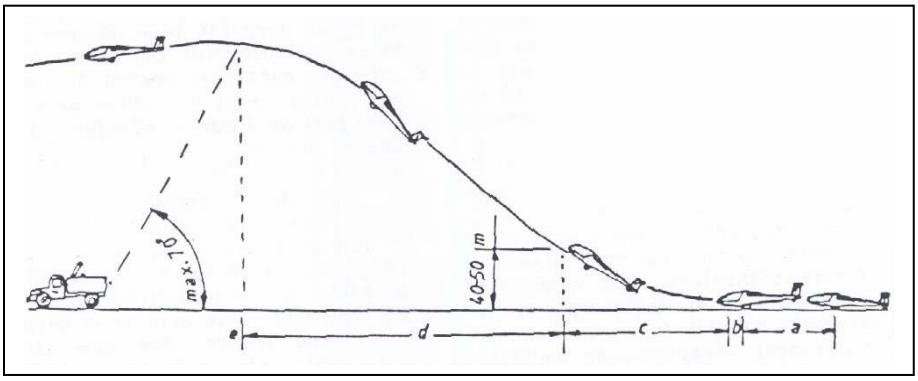


Fig. 9.15. Remorcajul la automosor

În vederea decolării pilotul va ține comenzile la mijloc, iar privirea va fi îndreptată spre un reper la orizont (eventual automosorul).

a. rulajul pe sol pentru decolare

Pe timpul rulajului atenția va fi îndreptată asupra menținerii planorului la orizontală şi pe direcția reperului (automosorului), acționând simultan cu palonierul şi manşa lateral în partea opusă devierii sau înclinării, la început cu mişcări mai mari, iar pe măsură ce planorul intră în viteză cu mişcări din ce în ce mai mici, atât cât este necesar ca planorul să rămână în poziția orizontală şi pe direcție.

Dacă este necesar (la unele tipuri de planoare) se va presa manşa uşor spre înainte pentru a menține planorul în rulaj pe roata principală. Acest lucru asigură în acelaşi timp şi o desprindere a planorului când avem o viteză de rulaj cu cca. 10% superioară vitezei minime de zbor a tipului respectiv de planor (la IS 28 B_2 este de circa. 80 Km/h).

b. desprinderea de pe sol

Practic cu manşa în poziția neutră planorul se va desprinde singur de pe sol datorită creşterii de viteză (acest lucru este valabil în situația declanşatorului de burtă).

c. panta moderată de urcare

După ce planorul s-a desprins de pe sol, se anulează tendința de cabraj (datorată excesului de viteză), presând uşor de manşă către în față, pentru ca urcarea să se execute pe o pantă moderată de urcare până la înălțimea de siguranță de 40-50 m, urmărindu-se indicațiile vitezometrului, menținerea planorului pe direcție şi la orizontală.

d. panta optimă de urcare

La atingerea înălțimii de siguranță se trece la panta normală de urcare (panta optimă de urcare), printr-o racordare lină, trăgând lent şi progresiv de manşă.

În timpul urcării se menține planorul pe direcție având ca reper o porțiune de cer (un nor) sau reperele vizibile pe sol în lateralul planorului.

În timpul remorcajului se urmăreşte în permanență vitezometrul. Dacă viteza scade se va presa de manşă micşorând panta de urcare, iar dacă viteza de zbor creşte se va trge uşor de

manşă pentru a mări panta de urcare (**dar nu o vom mări peste panta optimă de urcare, chiar dacă viteza continuă să crească**).

Când remorcajul ajunge apoape de sfârşit se va **slăbi** uşor manşa spre înainte pentru a pune planorul pe panta de zbor normală (de zbor liber). Acest lucru se va realiza mai repede sau mai încet în funcție de indicația vitezometrului (viteza va scade odată cu reducerea tracțiunii automosorului).

e. declanşarea

În momentul în care planorul a trecut de la poziția de zbor cabrat la poziția de zbor planat, pilotul va acționa hotărât comanda declanşatorului de 2-3 ori (pentru siguranța declanşării) şi va trece la zborul planat.

Primele declanşări le va executa la indicația instructorului.

Imediat după declanşare se va merge în linie dreaptă până ce se stabileşte panta corespunzătoare vitezei normale de zbor şi în acest timp se controlează poziția şi înălțimea pentru a şti dacă vom executa primul viraj de 90^o sau de 180^o.

9.1. Decolarea cu vânt lateral

În situația vântului lateral remorcajul la automosor se va executa presând uşor palonierul în partea de unde bate vântul.

Când vântul este mai tare se va înclina puțin planorul în partea de unde bate vântul pentru a anula tendința de deplasare de pe direcția de decolare.

După declanşare, planorul va fi readus cu botul pe direcția de decolare.

Până acum am discutat situația remorcajului cu declanşator de burtă. În realitate suntem în situația să întâlnim şi planoare cu declanşator de bot.

La aceste planoare trebuie să avem grijă să nu mărim panta brusc pentru că apar tangaje (panta se măreşte trăgând de manşă). Aceste tangaje se caracterizează prin faptul că datorită pantei accentuate, planorul ajunge la un unghi de incidență mare pe ampenajul orizontal, se produce desprinderea fileurilor de aer de pe acesta (de pe stabilizator şi profundor), fapt care are ca efect pierderea portanței pe ampenaj, iar planorul va cade pe bot. Acest lucru se datorează faptului că nu mai există momentul creat de profundor, care să anuleze componenta tracțiunii T_2 (vezi Fig. 19.54.).

Picând botul, unghiul de incidență se micşorează, portanța reapare şi planorul va cabra din nou. Aceste mişcări ale planorului în jurul axei transversale, numite tangaje, vor continua şi se vor amplifica dacă pilotul nu va slăbi manşa pentru a micşora panta de urcare a planorului.

Pentru a preîntâmpina apariția tangajelor la planoarele cu declanşator de bot, manşa trebuie slabită în a doua parte a remorcajului, micşorând progresiv unghiul pantei de urcare în aşa fel ca la încetarea tracțiunii poziția planorului să nu fie cabrată.

În situația remorcajului la automosor este greşit ca imediat după desprindere să se pună planorul pe panta accentuată de urcare. Acest lucru nu este permis, deoarece în cazul încetării tracțiunii, planorul fiind într-o poziție cabrată, la înălțime mică şi cu viteză mică, chiar dacă împingem energic de manşă nu avem înălțime suficientă pentru a câştiga viteza necesară zborului planat iar în această situație, în cazul cel mai fericit, ne alegem doar cu o avarie a planroului.

Se mai întâmplă ca planorul să treacă după desprindere în panta accentuată de urcare şi atunci când comanda compensatorului este spre înapoi. Acest fapt duce la apariția unui moment de cabraj când planorul intra în viteză (suprafața compensatorului devine eficientă).

10. Cazuri speciale în remorcaj de automosor

În cadrul remorcajului de automosor vom întâlni mai multe situații de cazuri speciale, după cum urmează:

a. Încetarea tracțiunii (sau ruperea cablului) în rulaj pe sol:

- se declanşează;
- se deviază maxim 15^{o} spre zona degajată pentru evitarea cablului şi
- se acționează frâna pe roată pentru scurtarea rulajului.

b. Încetarea tracțiunii sau ruperea cablului în panta moderată de urcare până la înălțimea de 50 m:

- se asigură panta normală de zbor printr-o manevră sigură şi hotărâtă;
- se declanşează şi după stabilirea vitezei normale de zbor planată,
- se procedează pentru aterizare în linie dreaptă cu devieri pentru evitarea eventualelor obstacole.

c. Încetarea tracțiunii (sau ruperea cablului) la înălțimea de 50-100 m:

În funcție de:

- suprafața aerodromului,
- direcția şi intensitatea vântului,
- tipul planorului şi mai ales funcție de:
- înălțimea la care s-a produs încetarea tracțiunii (sau ruperea cablului) după
- asigurarea pantei normale de zbor printr-o manevră sigură şi hotărâtă pentru stabilirea vitezei normale de zbor planat,
- se declanşează cablul şi se alege una din variantele următoare:

(1):

- se execută un viraj spre partea cea mai degajată a aerodromului,
- se scot frânele aerodinamice şi
- se procedează pentru aterizarea pe direcția aleasă;

(2):

- în cazul vântului cu intensitate mare se procedează pentru aterizare în linie dreaptă.

d. Dacă încetarea tracțiunii (sau ruperea cablului) s-a produs la o înălțime care permite executarea unui tur de pistă compus din 2 viraje de 180^{o}

- se va avea grijă ca cel de-al doilea viraj (virajul de priză) să fie executat din timp, cu înălțime de siguranță şi
- se va executa aterizarea pe direcția automosorului în continuarea careului de aterizare.

e. Nedeclanşarea cablului de la planor

- în această situație cablul va fi tăiat de la automosor, iar noi

- vom veni la aterizare cu cablul în bot pe zona degajată a aerodromului pentru a evita obstacolele de care se poate agăța cablul.

Viteza de zbor în această situație va fi cu cca. 10% mai mare ca viteza de zbor normală.

11. Decolarea şi remorcajul la avion

Este metoda de remorcaj cea mai des folosită pentru ridicarea planorului la o anumită înălțime. Această metodă s-a impus datorită faptului că în comparație cu automosorul unde se pot câştiga aprox. 200-300 m, la avion se poate urca până la ce înălțime dorim, având astfel certitudinea că putem exploata condiția termică a zilei.

Remorcajul de avion cuprinde următoarele faze:

a. rulajul pentru decolare;
b. desprinderea de pe sol a planorului;
c. palierul planorului;
d. urcarea şi luarea înălțimii în remorcaj;
e. declanşarea;

Înainte de a începe descrierea remorcajului trebuie amintit faptul că şi în această situație pilotul se va echipa corespunzător, va verifica comenzile din punct de vedere funcțional şi va verifica instrumentele de bord.

După aceasta, un coleg va clanşa cablul şi când suntem gata vom face semn cu degetul că suntem gata pentru decolare.

După ce aripa va fi ridicată la orizontală, raportăm prin radio că suntem gata pentru decolare, iar avionul remorcher va începe să întindă funia (funia folosită are o lungime de cca. 30-50 m şi este confecționată din fibre suntetice pentru a avea o elasticitate mare).

a. rulajul pentru decolare

După ce funia se întinde, dispozitivul avion-planor va începe practic decolarea. Aceasta începe cu rulajul pe sol.

Pentru planor prima etapă este cea mai delicată deoarece viteza fiind mică, comenzile încă nu sunt eficiente.

În prima parte a rulajului, până când eleroanele devin eficiente, aripile vor fi ținute la orizontală de un coleg care ține la plan.

Reamintim că înainte de decolare compensatorul trebuie pus în poziția "picaj", deoarece în remorcaj viteza de zbor este mai mare decât cea din zborul pe panta normală, ceea ce crează un efect de cabraj al planorului şi o presiune nedorită a manşei spre înapoi care oboseşte pilotul planorului pe timpul remorcajului, iar voletul va fi bracat pe poziția de decolare pentru a scurta rulajul.

Poziția manşei şi a palonierului înainte de decolare este la mijolc (poziția neutră).

După ce a început rulajul se menține planorul la orizontală şi pe aceeaşi linie cu avionul exact în axa longitudinală a acestuia.

Deoarece în timpul rulajului profundorul este cel care devine cel mai repede eficace veți acționa manşa în profunzime pentru a pune planorul să ruleze pe roata principală (astfel micşorăm frecările cu solul şi grăbim desprinderea). Manşa va fi acționată spre înainte la planoarele care au centru de greutate în spatele roții şi spre înapoi la planoarele care au centrul de greutate în fața roții.

Din momentul în care cel care ține la plan a lăsat aripa, planorul va fi ținut la orizontală prin acționarea hotărâtă a manşei lateral.

În ciuda acestui fapt se poate întâmpla ca unul din planuri să atingă solul. Atunci este necesară o comandă amplă pentru a reveni cu aripile la orizontală.

Dacă totuşi planorul rămâne cu aripa pe sol cu toate eforturile de a o ridica şi dacă planorul tinde să se deplaseze foarte mult față de avion, va trebui să declanşăm cablul (funia) şi să acționăm frâna pe roată.

Până când planorul ia viteză, menținerea în ax se face cu ajutorul palonierului.

După ce viteza a crescut, planorul se menține la orizontală şi în ax cu avionul acționând simultan cu maşa şi palonierul în partea opusă înclinării sau devierii.

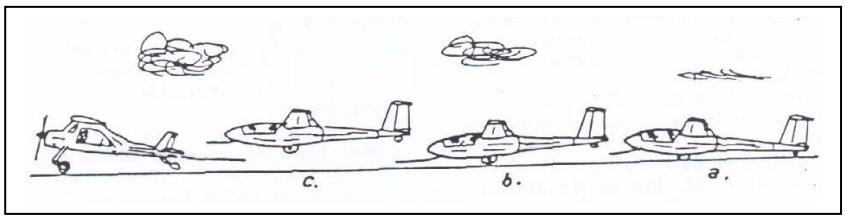


Fig. 11.16. Fazele decolării

b. desprinderea de pe sol a planorului

Desprinderea de pe sol se va produce când viteza de deplasare depăşeşte cu 10% valoarea vitezei minime de zbor.

Practic planorul se va desprinde singur de pe sol numai din cauza execesului de viteză în timp ce avionul va continua să ruleze pe roți deoarece viteza necesară desprinderii avionului este mai mare ca viteza de desprindere a planorului.

c. palierul planorului

După desprindere viteza va creşte şi mai repede şi va fi necesar să presăm uşor de manşă pentru a elimina tendința planorului de a urca deasupra avionului.

Planorul va fi menținut la o înălțime de 1-2 m deasupra avionului (dar nu mai sus de partea superioară a ampenajului vertical deoarece dacă planorul urca mai sus, îngreunează decolarea avionului sau chiar există pericolul ca acesta să atingă solul cu elicea), la orizontală şi în axul avionului.

Menținerea la orizontală şi în axul avionului este obligatorie pe timpul palierului deoarece orice înclinare este urmată şi de o deviere laterală care forțează avionul să se abată în partea opusă.

După ce avionul s-a desprins de pe sol acesta va executa la rândul său un palier necesar creşterii de viteză.

Trebuie să specificăm că pentru pilotul planorist în tot timpul remorcajului avionul reprezintă reperul pe care îl are în vedere, iar aripile avionului constituie orizontul.

Deci, cu alte cuvinte, poziția în remorcaj a planorului este de aşa natură ca să vedem avionul în poziția corespunzătoare orizontului.

Dacă la decolare s-a folosit voletul, în timpul palierului avionului acesta se va închide împingând uşor şi lent comandă spre înainte şi siguranțând-o. Manevra trebuie terminată înainte de a atinge viteza maximă de zbor cu voletul scos (bracat).

d. urcarea şi luarea înălțimii în remorcaj

Remorcajul la avion se execută în permanentă urcare, zburând în linie dreaptă sau în viraj.

Până la o anumită înălțime (100 m în general) se va executa linie dreaptă. În cadrul acestei linii drepte urmărim ca să ne menținem în axul avionului şi la o înălțime convenabilă pentru a vedea bine avionul şi în acelaşi timp să fim văzuți de pilotul remorcher (vezi Fig. 11.17.).

Dacă avionul se vede proiectat pe cer deasupra orizontului (dacă suntem sub avion) se trage puțin de manşă pentru a urca la înălțimea avionului, iar când a ajuns pe orizont se revine cu manşa la mijloc (în poziția neutră pentru a opri urcarea planorului).

În situația când avionul se vede proiectat pe cer sub linia orizontului (zbor deasupra avionului) se presează uşor de manşă pentru a opri urcarea planorului, după care, prin uşoare tatonări ale manşei în profunzime, se aduce planorul la acelaşi nivel cu avionul remorcher.

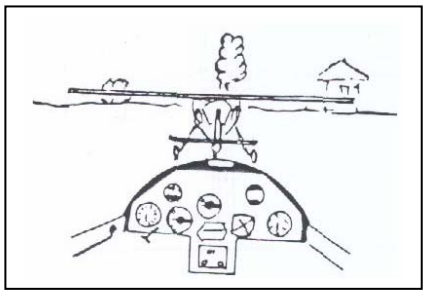


Fig. 11.17. Poziția avionului în remorcaj

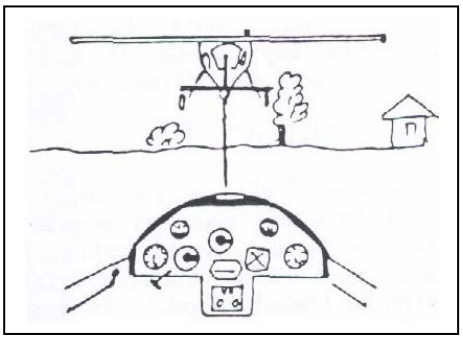


Fig. 11.18. Remorcaj sub avion

Dacă împingerea de manşă s-a făcut rapid, viteza planorului creşte repede, funia face *burtă* (se slăbeşte).

Această situație face ca în momentul următor viteza avionului să crească în timp ce viteza planorului să scadă deoarece nu mai este tras, funia se va întinde şi datorită diferențelor de viteză dintre avion şi planor, se va produce o *smucitură* care poate duce la ruperea funiei.

Pentru a se evita smucitura se va presa de manşă pentru a mări viteza planorului (chiar dacă se ajunge mai jos decât avionul), şi după ce funia s-a întins vom reveni la înălțimea avionului.

Funia mai poate fi ținută întinsă (la împingerea de manşă) folosind frânele aerodinamice).

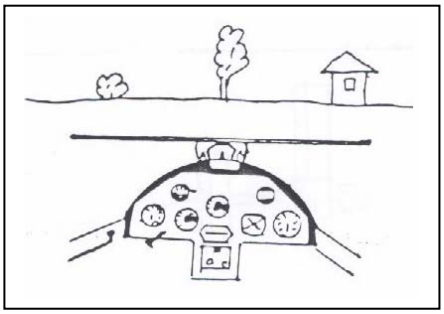


Fig. 11.19. Remorcaj deasupra avionului

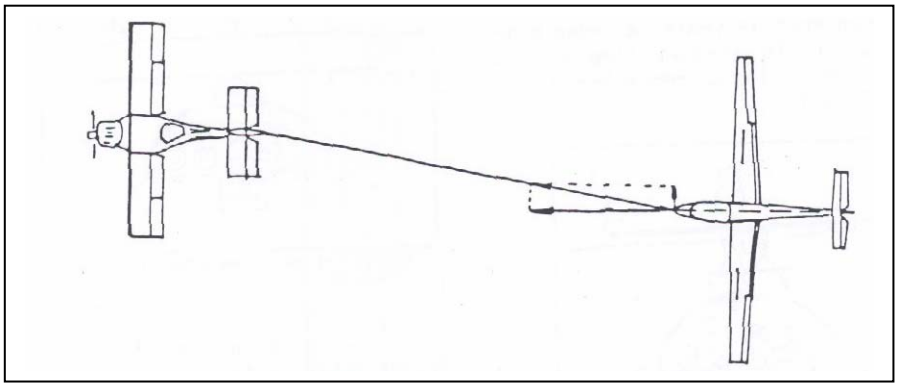


Fig. 11.20. Remorcaj dezaxat

d.1. "Valsul"

Deoarece viteza de zbor în remorcaj este mai mare şi momentul negativ va fi mai mare, astfel în situația când suntem înclinați față de avion va trebui ca odată cu manşa lateral să acționăm şi palonierul în acea parte.

Acționând insuficient palonierul sau acționând numai cu manşa pentru a aduce planorul în aceeaşi poziție (orizontală sau înclinată) cu avionul remorcher, momentul negativ va face ca planorul să intre în *vals*, (un balans în plan orizontal) trecând alternativ în dreapta şi în stânga avionului, fenomen care dacă nu este oprit la timp se accentuează în amplitudine şi pune ambele aeronave în situații periculoase.

Pentru oprirea valsului când planorul se găseşte deplasat lateral şi tinde să alunece către direcția axei avionului se acționează palonierul şi manşa lateral către exterior pentru a scoate planorul din înclinare. În urma comenzii date planorul se va găsi lateral față de avion, dar la orizontală.

Din această poziție (laterală) se va slăbi uşor palonierul (sau se va acționa uşor palonierul spre avion) până când planorul revine în axul avionului, apoi revenim cu comenzile în poziția neutră. În acest timp vom avea grijă ca planorul să nu se mai încline.

Revenirea în axul avionului este ajutată şi de tracțiunea nesimetrică a funiei.

Pentru evitarea intrării în vals trebuiesc reținute următoarele:

- planorul trebuie menținut în permanență la orizontală sau cu o înclinare egală cu a avionului (chiar dacă suntem deplasați lateral);
- nu se revine pe traiectoria avionului înclinând, ci păstrând aceeaşi poziție cu a avionului;
- nu se lucrează numai cu manşa ci cu ambele comenzi simultan, cu intensități proporționale;
- se va acționa fără întârziere la orice tendință a planorului de a se deplasa de pe traiectoria avionului.

d.2. Virajul în remorcaj de avion

În timpul remorcajului înclinarea avionului trebuie supravegheată tot timpul.

Deoarece ansamblul avion-planor zboară cu aceeaşi viteză, virajele vor trebui executate cu aceeaşi înclinare şi cu viteză de rotire identică.

Datorită faptului că tracțiunea cablului acționează către interiorul virajului, va imprima planorului o viteză unghiulară mai mare, care va face ca planorul să alunece către interior (vezi Fig. 11.21.).

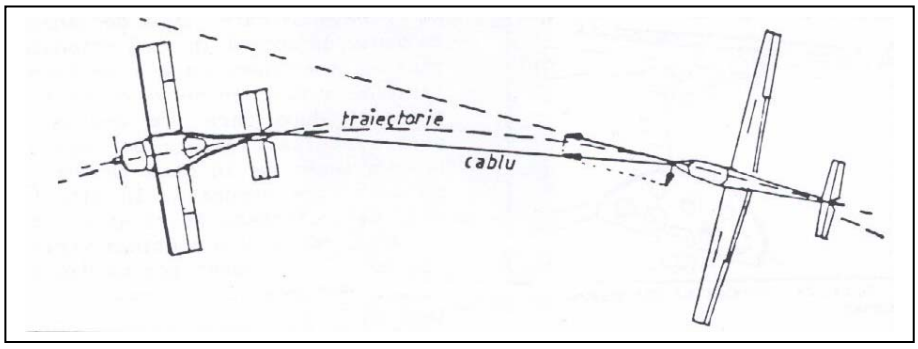


Fig. 11.21. Virajul în remorcaj de avion

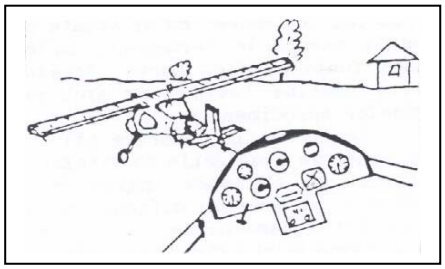


Fig. 11.22. Virajul corect în remorcaj

În timpul virajului va trebui ca botul planorului să fie îndreptat către exterior vizând eleronul avionului remorcher (axa longitudinală a planorului va fi tangentă la cercul traiectoriei descrise de avionul remorcher) (vezi Fig. 11.22.).

Intrarea în viraj se execută ca şi la virajul în zbor liber cu manşă şi palonier, având grijă să nu înclinăm planorul mai mult ca avionul, iar cu manşa în profunzime vom avea grijă să păstrăm aceeaşi poziție a avionului față de orizont.

Scoaterea din viraj se va efectua ca şi în zborul liber având grijă să efectuăm această manevră în acelaşi timp cu avionul.

d.2.1. virajul derapat în remorcaj de avion apare atunci când se întârzie cu acționarea comenzilor de intrare în viraj față de avion, sau când, în timpul menținerii, înclinarea este mai mică decât a avionului remorcher (vezi Fig. 11.23.).

Corectarea se face înclinând mai mult planorul cu manşa şi palonierul pentru a reveni la traiectoria normală, presând în acelaşi timp de manşă până când vedem avionul în viraj pe orizont.

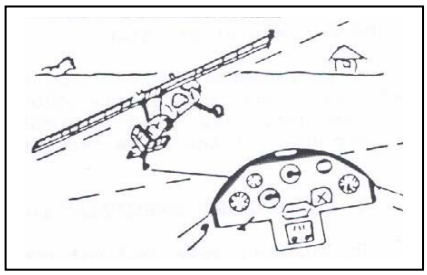


Fig. 11.23. Remorcaj cu viraj derapat

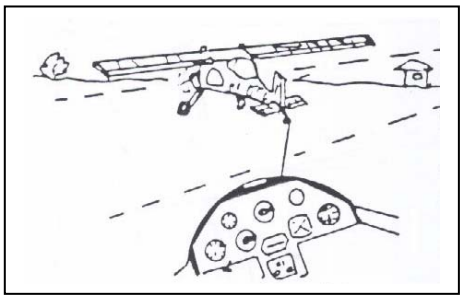


Fig. 11.24. Remorcaj cu viraj alunecat

d.2.2. virajul glisat în remorcaj de avion

O înclinare mai mare decât cea a avionului, sau prea mult palonier acționat în partea virajului duce planorul la executarea unui viraj cu deplasare sper interior, de unde rezultă o alunecare pe aripă, respectiv o plasare a avionului peste orizont (planorul este sub avion).

Corectarea se face dând comenzi pentru a aduce planorul la o înclinare mai mică (care să devină egală cu cea a avionului), în acelaşi timp trăgând uşor de manşă pentru a urca la înălțimea avionului.

Planorului i se micşorează înclinarea ca şi la zborul liber, scoțând din manşă şi palonier.

e. declanşarea din remorcaj se va executa atunci când doreşte pilotul planorist, sau când avionul remorcher are probleme şi va înclina stânga-dreapta (balansa) planurile de câteva ori (trebuie să declanşați imediat în această situație).

De obicei această declanşare se execută în linie dreaptă, fiind plasați în axul avionului la înălțime corespunzătoare. După declanşare se continuă zborul în axul avionului până ne convingem că s-a declanşat (avionul remorcher se va depărta de planor), după care vom degaja

în partea dorită. Înainte de degajare ne convingem că în zona respectivă nu sunt alte aeronave. În situația când se declanşeaza în viraj (pentru zborul termic), vom continua virajul şi, după ce ne convingem că declanşarea s-a realizat, vom continua tema de zbor.

Zborul remorcat la orizontală şi în coborâre se execută la fel ca şi zborul în urcare, cu diferența că vom fi atenți în permanență să nu lăsăm funia să facă burtă. Aceasta se va menține întinsă cu ajutorul frânelor aerodinamice.

La zborul în coborâre pilotul remorcher va avea grijă ca viteza de coborâre să fie mică (maxim 2 m/s) pentru a nu pune în dificultate pe planorist (planorul se accelerează foarte repede şi există pericolul de a nu mai putea ține întinsă funia chiar cu frânele aerodinamice scoase).

12. Cazuri speciale în remorcajul de avion

Declanşarea este obligatorie în situațiile în care:

- tracțiunea avionului încetează,
- s-a ajuns într-o poziție din care avionul nu se mai vede şi în orice situație când
- ansamblul avion-planor este în imposibilitatea de a-şi continua zborul împreună.

Dacă tracțiunea încetează pe sol în timp ce avionul este în rulaj:

- se va declanşa,
- se va ateriza şi rula deviind uşor pe partea opusă avionului remorcher
- se va acționa frâna pe roată.

Dacă tracțiunea a încetat până la 50 m înălțime, pilotul planorist

- va declanşa şi după stabilirea vitezei normale de zbor planat
- va proceda la aterizare în linie dreaptă cu devieri pentru evitarea eventualelor obstacole;

La o încetare a tracțiunii la peste 50 m înălțime:

- se va executa un viraj şi
- se va ateriza pe aerodrom cu vânt de spate. Acest lucru este posibil deoarece viteza de urcare în remorcaj este mai mare ca viteza de înfundare în zbor liber şi în acelaşi timp vântul de spate va mări finețea de zbor.

Dacă înălțimea este mai mare, în momentul declanşării

- se va putea executa încă un viraj de 180^{o} şi
- ateriza pe aerodrom cu vânt de față.

În situația când înălțimea de declanşare este suficient de mare pentru a putea ajunge la virajul 2 al turului de pistă cu înălțimea necesară (aprox. 250-200 m)

- este **obligatorie** executarea turului de pistă.

În situația blocării declanşatorului de la planor:

- funia va fi declanşată de la avion şi
- se va avea grijă să se execute o aterizare mai lungă pentru a nu agăța funia de eventualele obstacole de la capătul aerodromului.

Dacă funia nu se va declanşa nici de la avion

- se va trece la executarea unei aterizări în coada avionului, efectuând un remorcaj în coborâre.

13. Apropierea finală şi aterizarea

După cum am văzut primul viraj în remorcaj de avion se execută la o înălțime de 100 m, la fel şi ultimul viraj în zbor liber se va executa tot la o înălțime de aprox. 100 m.

După executarea acestui viraj se va începe executarea liniei drepte în vederea aterizării.

Apropierea finală este faza zborului care pregăteşte aterizarea propriu-zisă şi se caracterizează prin:

- panta de apropiere;
- lungimea pantei de apropiere;
- un punct de atingere a solului de către panta de apropiere şi care este punctul vizat în timpul apropierii finale (vezi Fig. 13.25.).

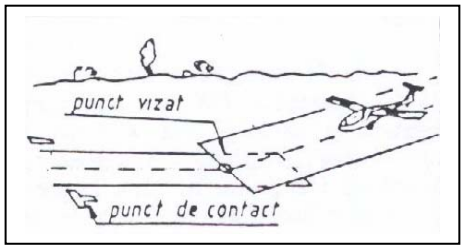


Fig. 13.25. Apropierea finală

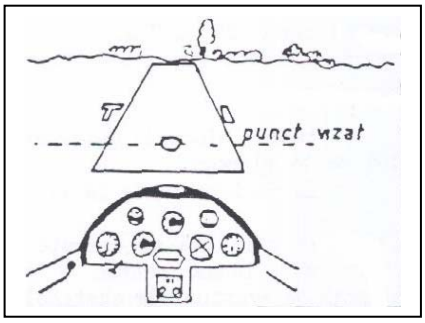


Fig. 13.26. Apropierea finală

Panta trebuie să fie suficient de lungă pentru a permite corectarea greşelilor înainte de aterizare.

Pentru toată apropierea, în condiții normale este indicat să se utilizeze un dozaj mediu în frâna aerodinamică. Acest lucru este necesar pentru ca în situația când întâlnim o descendență să putem închide frâna aerodinamică pentru a păstra panta, iar în situația când întâlnim o aescendență să putem scoate în continuare frâna aerodinamică pentru a depăşi zona ascendentă păstrând panta de apropiere.

Înaintea fiecărei aterizări pe care o veți executa cu instructorul veți vizualiza pe sol un punct care se află la cca. 50 m în spatele "T"-ului.

După executarea ultimului viraj se va scoate voletul (flapsul). Această manevră se execută menținând panta normală şi acționând comandă de scoatere a voletului, care apoi se va siguranța.

*De menționat că în situația în care, accidental, se ajunge la virajul 4 cu înălțime relativ mică față de distanța până la **T** (aerodrom), intensitatea vântului este şi ea relativ mare şi, în plus avem şi descendențe mari (deci o situație total dezavantajoasă), **nu se vor scoate nici voletul** (flapsul) **şi nici frâna aerodinamică** - manevre care ar trebui executate după virajul 4 (vor fi scoase eventual mai târziu în cursul apropierii, dacă condițiile dezavantajoase au dispărut; în acest caz aterizarea va deveni normală, la **T**), putându-se ajunge la o aterizare fără flaps şi fără frână.*

În continuare se presează de manşă până vedem în prelungirea traiectoriei punctul vizat (vezi Fig. 13.26.), aşteptăm să crească viteza până la valoarea vitezei pentru apropiere (la IS 28 B_2 este de 100 Km/h) sau în cazul când această viteză nu este specificată în manualul de zbor până la o viteză de zbor superioară cu 10% celei de pe panta normală.

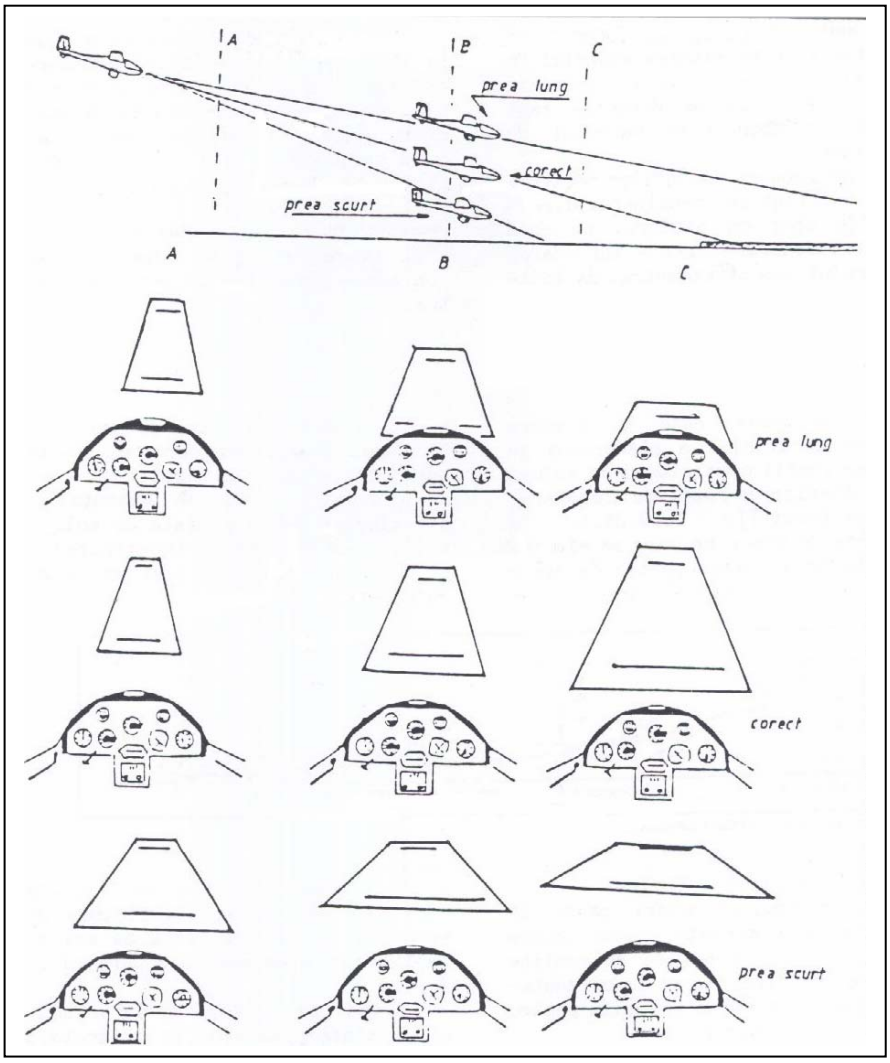


Fig. 13.27. Apropierea finală corectă şi greşită

Când s-a atins această viteză se scoate progresiv frâna aerodinamică până la poziția la care viteza rămâne constantă.

În tot acest timp se păstrează panta, direcția şi orizontala planorului.

Dacă totuşi din greşeală s-a scos o cantitate mai mare de frână decât era necesară, viteza va începe să scadă şi vom fi nevoiți să închidem puțin frâna pentru a păstra viteza inițială.

Orice variație de viteză pe panta de aterizare poate duce la o aterizare dificilă: prea scurtă la viteză mică sau prea lungă viteză mare.

Din experiență s-a văzut că o viteză de apropiere cu 10% mai mare ca viteza optimă de apropiere va duce la o lungire a aterizării cu 100 m (vezi Fig. 13.27.).

Analizând Fig. 13.27, vom observa că apropierea se poate face prea lung, (deasupra pantei), corect (pe pantă) sau prea scurt (sub pantă).

Apariția acestor cazuri de apropiere greşită este cauzată de aprecierea eronată a intensității vântului.

Astfel, dacă vântul este mai slab decât l-am apreciat, vom executa o aterizare lungă, iar dacă vântul este mai tare, vom executa o aterizare scurtă, cu toate că noi am păstrat tot timpul panta şi viteza constantă.

Corectarea acestor situații se realizează în felul următor:

- pe timpul apropierii finale observăm că punctul vizat se deplasează spre înapoi în raport cu carlinga (cabina), apoi trece sub botul planorului. Vom corecta împingând de manşă până când vedem iarăşi punctul vizat în prelungirea traiectoriei (aproximativ unde se vede orizontul pe panta normală de zbor) şi scoatem puțină frână aerodinamică pentru a păstra viteza constantă;
- pe timpul apropierii finale observăm că punctul vizat se deplasează spre orizont (în sus) în raport cu carlinga (noi zburăm sub pantă). Vom corecta închizând puțin din frâna aerodinamică (pentru a asigura un exces de viteză) şi apoi vom trage de manşă până când punctul vizat revine în poziția inițială față de carlingă.

Ar fi bine ca aceste manevre să se efectueze cât mai din timp, pentru că dacă se vor efectua în apropierea solului, din momentul închiderii frânelor şi până la accelerarea planorului trec câteva secunde timp în care planorul se apropie de sol (prin înfundare) şi vom efectua o aterizare filată foarte mult (datorită efectului de sol).

13.1. Apropierea cu vânt lateral

În afara faptului că la o apropiere cu vânt de față va trebui să mărim viteza de zbor pe panta de apropiere (să accentuăm panta de apropiere), în cazul vântului lateral planorul va fi deplasat de pe traiectoria sa creând o derivă şi îndepărtîndu-l de pe axa pistei de zbor.

Această derivă se corectează orientând planorul cu botul spre partea din care bate vântul, mai mult sau mai puțin în funcție de direcția şi intensitatea vântului în aşa fel ca planorul să se deplaseze față de sol tot pe direcția axei pistei de zbor (axa careului de aterizare).

Acționarea comenzilor pentru a zbura înclinat sau menținerea direcției de zbor cu piciorul nu este indicată deoarece creşte înfundarea planorului iar vitezometrul dă indicații eronate (zburăm glisat).

Comenzile de derivă se vor da la fel ca şi comenzile necesare executării unei devieri de pe direcție, adică se va da manşă şi palonier în partea din care bate vântul şi după ce planorul şi-a schimbat direcția de zbor, (s-a introdus deriva), se aduce planorul la orizontală revenind cu manşa lateral şi palonierul în partea opusă după care se vor aduce comenzile în poziție neutră.

13.2. Aterizarea

Aterizarea este o mişcare uniform încetinită a planorului în vederea luării contactului cu solul.

Aterizarea cuprinde următoarele faze (vezi Fig. 13.28.):

a. panta de coborâre care se efectuează în continuarea pantei de apropiere finală, până la o înălțime de aproximativ 6-4 m față de sol;
b. îndulcirea pantei care se realizează la 6-4 m înălțime;
c. redresarea care se execută la aproximativ 1-0,8 m față de sol;
d. filarea (palier de încetinire);
e. luarea contactului cu solul şi rulajul după aterizare.

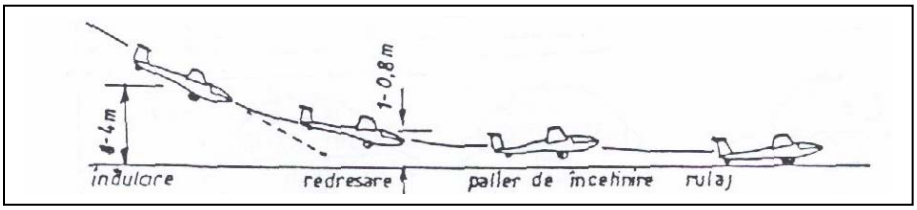


Fig. 13.28. Aterizarea

a. panta de coborâre

În timpul executării pantei de coborâre se urmăreşte în continuare punctul vizat de sus şi se menține planorul pe direcție şi la orizontală. În acest timp ne pregătim pentru executarea îndulcirii.

b. îndulcirea se realizează la **6-4 m** înălțime printr-o tragere uşoară şi progresivă de manşă până când planorul ajunge într-o pantă asemănătoare cu panta normală de zbor. În acest interval de timp planorul va coborî la o înălțime de aproximativ 1-0,8 m.

Odată cu această manevră vom muta privirea de la punctul vizat la un reper pe orizont (eventul automosorul). În tot acest timp se menține planorul pe direcție şi la orizontală.

c. redresarea se va executa când planorul a atins înălțimea de aproximativ **1-0,8 m** față de sol şi implică aducerea acestuia paralel cu solul.

Privind reprerul de la orizont şi menținând planorul la orizontală şi pe direcție, vom continua să tragem lent şi continuu de manşă şi când ne vom apropia de sol (cca. 0.2-0.1 m), vom începe:

d. filarea

Continuând tragerea lentă şi progresivă de manşă vom realiza o modificare a poziției planorului, aducându-l cu planul roților paralel cu solul, în acest timp viteza de zbor fiind în continuă scădere.

Dacă apare tendința planorului de a-şi mări înălțimea se va reduce tragerea de manşă, iar dacă apare tendința planorului de a-şi micşora prea repede înălțimea (acei cca.0.2-0.1 m), se va accentua tragerea de manşă.

e. contactul cu solul şi rulajul după aterizare

La efectuarea corectă a acestor manevre, planorul (planul roților) va fila paralel cu solul până se atinge unghiul i_{critic} (datorită tragerii continue de manşă), moment când portanța scade brusc şi planorul va lua contact cu solul pe două puncte (roată şi bechie).

După luarea contactului cu solul se va executa rulajul pe sol în vederea scăderii vitezei de deplasare până la valoarea "0".

În tot timpul rulajului se menține planorul la orizontală şi pe direcție, lucrând cu manşa lateral şi cu palonierul. La această manevră vom fi ajutați de poziția manşei în burtă.

După ce a mai scăzut viteza de rulaj se va acționa frâna pe roată.

Cu aceasta zborul a luat sfârşit dar mai aveți rensponsabilitatea degajării pistei de aterizare, transportând planorul pe linia de aşteptare.

Greşeli caracteristice:

- executarea îndulcirii prea devreme duce la o pierdere de viteză prea rapidă şi la o *aterizare placată*.

Se corectează împingând uşor de manşă şi eventual băgând (închizând) puțină frână aerodinamică;

- executarea îndulcirii prea jos duce la atingerea solului cu *roata* şi în viteză.

Dacă în momentul contactului cu solul se trage de manşă brusc, vom da *bont* (acesta reprezintă o desprindere bruscă de pe sol) (vezi Fig. 13.29).

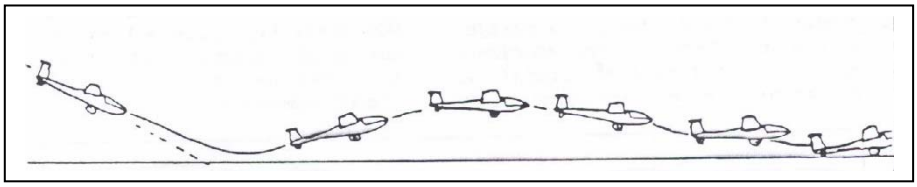


Fig. 13.29. Bontul la aterizare

Corectare:

- la un *bont mic* se recomandă să nu se mai lucreze cu manşa în profunzime, în acest caz se aşteaptă să luăm din nou contact cu solul, după care
- se va trage lent de manşă în timp ce planorul rulează.
- la un *bont mare* se va presa puțin manşă pentru a opri urcarea planorului (la nevoie se va închide şi frâna aerodinamică), după care
- se executa o nouă redresare, trăgând manşa spre înapoi mai lent sau mai repede funcție de înfundarea planorului.

13.3. Aterizarea cu vânt lateral

Dacă în timpul apropierii finale am avut derivă, este necesar ca în momentul când planorul începe să fileze (după redresare) să se aducă planorul în axa traiectoriei față de sol, prin acționarea palonierului.

Acționarea manşei va fi necesară când apare tendința de înclinare a planorului. Se va avea grijă ca aterizarea să se facă pe 2 puncte pentru că altfel planorul se va roti cu botul în vânt (acționează vântul pe ampenajul vertical).

Această tendință de rotire va fi anulată şi prin acționarea palonierului în partea opusă vântului şi înclinând puțin planorul în partea de unde bate vântul.

14. Turul de pistă

Este un zbor de instrucție executat deasupra aerodromului, care conține toate elementele de pilotaj: decolarea, luarea înălțimii în remorcaj, declanşarea, zborul liber (linie dreaptă, viraje), priza de aterizare şi aterizarea şi se notează prescurtat **TP**.

Turul de pistă poate fi executat cu planorul folosind ca mijloace de lansare automosorul sau avionul.

Diferența dintre cele 2 metode constă în faptul că în cazul remorcajului la avion se poate urca până la ce înălțime dorim (conform temei de executat) în timp ce în cazul remorcajului la automosor nu se poate urca decât până la cca. 200-300 m.

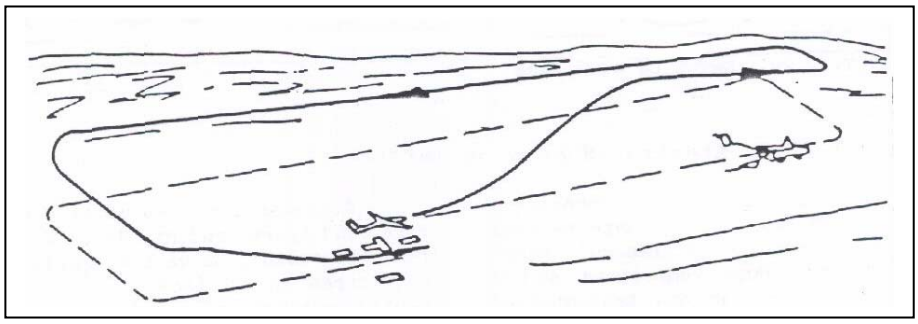


Fig. 14.30. T.P. din 4 viraje de 90^0

Funcție de înălțimea obținută în remorcaj, se poate executa:

a. TP alcătuit din 4 viraje de 90^o;
b. TP alcătuit din 2 viraje de 180^o
c. TP alcătuit din 2 viraje de 90^o şi 1 de 180^o;
d. TP alcătuit din 1 viraj de 180^o şi 2 viraje de 90^o;

Întrucât *modul de executare a decolării, liniei drepte, a virajului, a apropierii pentru aterizare şi a aterizării au fost învățate la paragrafele anterioare* urmează să învățăm modul cum se leagă aceste elemente între ele pentru a putea executa un TP corect.

Turul de pistă începe practic din momentul când planorul este adus cu aripile la orizontală şi a început să ruleze pe sol.

Remorcajul se execută aşa cum am învățat la paragraful T.9.

După declanşare, în funcție de înălțimea obținută (câştigată) în timpul remorcajului se va merge în linie dreaptă până la stabilirea pantei şi a vitezi normale de zbor.

Dacă după declanşare nu suntem pe direcția de decolare (am deviat în remorcaj), vom executa şi revenirea pe direcție în timp ce stabilizăm panta de zbor.

În continuare funcție de:

- înălțimea obținută (câştigată) în timpul remorcajului;
- intensitatea vântului şi
- tipul planorului pe care zburăm, ne vom hotărî dacă primul viraj pe care îl executăm va fi de 90^o sau de 180^o.

a. TP alcătuit din 4 viraje de 90^o (vezi Fig. 14.30) se va executa când planorul a obținut o înălțime relativ mare (250 m) în timpul remorcajului.

După declanşare se va merge câteva secunde în linie dreaptă (cu cât înălțimea este mai mare se va merge mai mult în linie dreaptă), apoi se va executa un viraj de 90^o pe partea pe care dorim.

Virajul se va executa aşa cum am învățat la pct. 8.2.

Scoaterea din viraj se va executa pe reperul ales, apoi vom executa zbor în linie dreaptă pe prima latură a turului de pistă (latura mică a TP).

Virajul 2 se va executa de aşa natură ca linia dreaptă care urmează (latura mare a turului de pistă) să se execute la distanță față de careul de aterizare, distanță care să permită executarea prizei de aterizare şi apropierea finală corect.

Se recomandă ca această distanță (depărtare) să fie apreciată ca fiind estimativ egală cu viitoarea pantă de aterizare (egală cu lungimea pantei de apropiere finală).

O distanță mică va reduce latura mică, deci se reduc posibilitățile de corectare a pantei de aterizare, în timp ce o distanță mare este în detrimentul preciziei şi siguranței (sosirea sub un unghi prea mic şi aprecierea dificilă a unghiurilor la aterizare).

În timp ce executați latura mare a turului de pistă trebuie să:

- urmăriți şi să supravegheați celelalte planoare şi avioane aflate în zbor (eventual cele din TP);
- executați linia dreaptă pe reperul ales pentru ca traiectoria planorului pe sol să fie paralelă cu direcția de decolare (cu latura mare a T-ului). Acest lucru este necesar pentru ca virajul 3 să se execute ca şi virajul 2 la aceeaşi distanță față de direcția de decolare-aterizare.

Dacă virajul 3 se execută prea departe, vom fi prea jos, iar dacă ne apropiem de ştart nu vom mai putea executa latura mică în mod corect.

- scoateți trenul de aterizare înainte de virajul 3 (dacă l-ați escamotat), să-l siguranțați şi să comunicați conducătorului de zbor (prin radio) acest lucru;
- pe latura mare fiind, după ce am trecut de prima jumătate a acesteia, vom începe ca în paralel cu executarea liniei drepte să urmărim şi **T**-ul pentru a putea aprecia momentul începerii virajului de priză (virajul 3). Acest viraj se numeşte şi *virajul de priză* pentru că este hotărâtor pentru corectitudinea aterizării.

Nu se pot da rețete precise privind momentul în care se va executa acest viraj, deoarece acest lucru depinde de tipul planorului, vânt, mişcările verticale ale atmosferei, înălțimea la care ne aflăm în momentul respectiv şi de distanța față de **T**.

Totuşi, pe măsură ce vom executa zboruri în tur de pistă instructorul vă va arăta la fiecare zbor când se va executa acest viraj şi odată cu învățarea elementelor de zbor veți aprecia şi momentul executării prizei de aterizare.

Ca o recomandăre generală pentru timp calm virajul de priză se va executa în momentul când privind spre **T** (ştart) ne aflăm la o înălțime de aproximativ 30^o față de **T** (unghiul format de dreapta ce uneşte planorul la virajul 3 cu ştartul şi orizontala ştartului).

Totodată se recomandă ca virajul 3 să fie un viraj larg cu înclinare maximă de 30^o pentru a permite executarea eventualelor corecții de priză.

Aceste corecții se execută în felul următor:

- dacă executăm virajul 3 prea devreme, avem timp ca în viraj să observăm acest lucru şi vom putea scoate din viraj mai devreme (executăm un viraj mai mic de 90^o), lucru care va permite ca pe latura mică să ne depărtăm de **T**;
- dacă executăm virajul 3 prea târziu, vom scoate din viraj mai tirziu, fapt ce va pemite ca pe latura mică să ne apropiem de ştart.

Aceste corecții de priză ne permit să executăm virajul 4 la o înălțime de la care să executăm o apropiere pentru aterizare corectă.

În cadrul zborurilor pe care le executăm noi vom căuta ca să învățăm să executăm virajul de priză corect pentru ca latura mică ce urmează să fie executată paralel cu latura mică a **T**-ului, perpendicular pe direcția de decolare-aterizare).

Virajul 4 se va începe cu cca. 20-10^o înainte de a ajunge pe direcția de aterizare. Acest lucru este necesar pentru ca scoaterea din viraj să se execute când am ajuns pe direcția de aterizare.

Astfel dacă dorim ca virajul 4 să fie un viraj mai larg vom da comandă de intrare în viraj când mai avem cca. 20^o față de direcția de aterizare. Dacă înălțimea este prea mare pe latura mică se pot folosi frânele aerodinamice pentru ca la virajul 4 să ajungem cu înălțimea corespunzătoare unei apropieri finale corecte.

După ce s-a executat şi ultimul viraj, funcție de înălțimea pe care o avem, se va pune planorul în procedura de apropiere imediat, sau dacă înălțimea este mică, se va continua zborul în panta normală până când înălțimea este cea necesară executării unei apropieri finale corecte, când se va intra în procedura de apropiere pentru aterizare.

b. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 180^o se va executa când înălțimea de declanşare este mică şi nu permite executarea a 4 viraje de 90^o (vezi Fig. 14.31).

Astfel în cadrul acestui tur de pistă virajele 1 şi 2 de 90^o se vor executa unul în continuarea celuilalt, formând un viraj de 180^o.

Virajul se executa larg (cu înclinare mică) pentru ca latura mare a turului de pistă să nu fie prea aproape de direcția de decolare-aterizare.

Acest lucru este necesar pentru a putea aprecia corect virajul al doilea de 180^o care acum este virajul de priză.

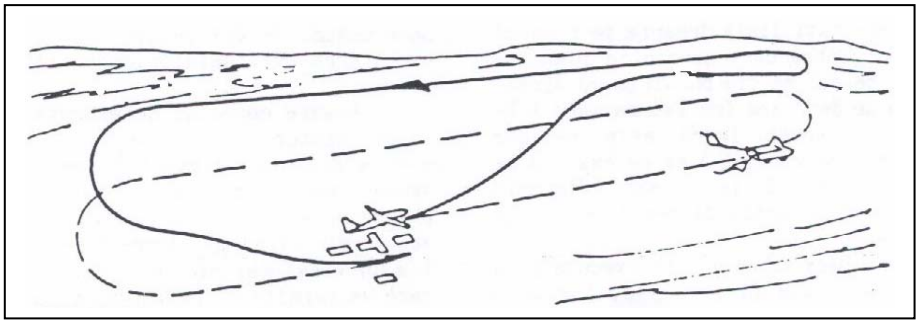


Fig. 14.31. T.P. din 2 viraje de 180^o

Al doilea viraj de 180^o (care este în acelaşi timp şi virajul de priză şi virajul 4), se va executa ca şi primul, larg, pentru ca pe parcursul rotirii să putem face eventulalele corecții necesare pentru ca scoaterea din viraj să se execute pe direcția de aterizare.

Nici în această situație nu se pot da rețete privind momentul când se începe virajul al doilea (virajul de priză), dar şi în cazul acestui tur de pistă sunt valabile recomandările de la punctul a.

c. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 90° şi unul de 180°

Acest tur de pistă se execută atunci când la declanşare vom avea înălțimea necesară executării unui tur de pistă format din 4 viraje de 90° dar pe parcurs vom întâlni una din situațiile următoare:

- descendență mare pe latura mare a turului de pistă, care ne va obliga să ne apropiem de aerodrom şi la virajul de priză vom fi nevoiți să executăm un viraj de 180°;
- linia dreaptă nu a fost executată corect (în special în faza de început) şi la virajul de priză suntem prea aproape de direcția de aterizare, fapt ce ne obligă să executăm un singur viraj de 180°;
- vânt lateral pe latura mare şi nu ținem cont că acesta ne va deplasa spre **T**, astfel că la virajul de priză suntem, față de direcția de aterizare, la o depărtare corespunzătoare unui viraj de 180°.

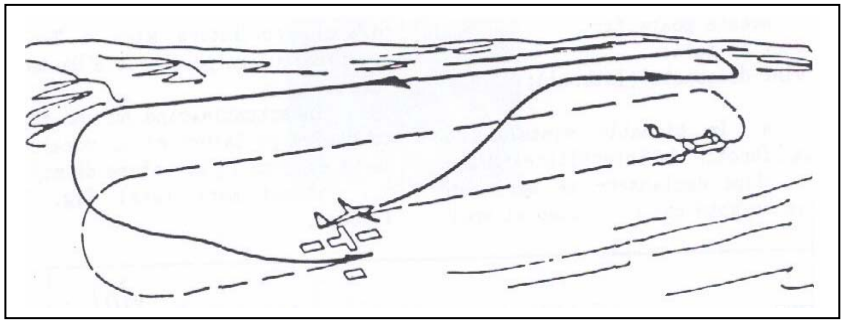


Fig. 14.32. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 90° şi unul de 180°

d. Turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180° şi 2 viraje de 90°

Acest tur de pistă se executa atunci când la declanşare avem înălțime relativ mică şi ne propunem să executăm un tur de pistă format din 2 viraje de 180°, dar pe parcurs ne întâlnim cu una din următoarele situații:

- pe latura mare întâlnim ascendență fapt care ne va obliga să ne depărtăm de direcția de decolare-aterizare; în consecință ne vom afla în zona virajului de priză la o distanță şi înălțime corespunzătoare executării a 2 viraje de 90°;
- vânt lateral care pe latura mare ne va depărta de **T** (dacă nu zburăm cu derivă) permițându-ne în continuare să executăm 2 viraje de 90° pentru a executa o aterizare corectă;
- linia dreaptă pe latura mare a fost executată greşit, botul planorului nefiind menținut pe reperul ales şi în loc să ne deplasăm paralel cu direcția de decolare-aterizare, ne depărtăm față de aceasta, ajungând în zona virajului de priză la depărtarea corespunzătoare executării a 2 viraje de 90°.

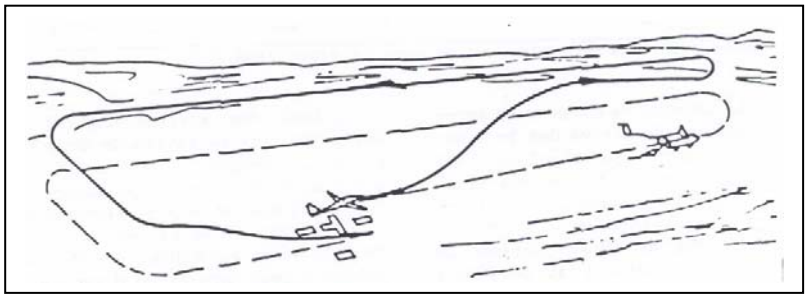


Fig. 14.33. Turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180^o şi 2 viraje de 90^o

14.1. Influența vântului la executarea turului de pistă

Până acum am învățat cum se execută un tur de pistă pe timp calm (vânt nul) dar în realitate în cele mai multe zboruri, asupra planorului va acționa şi vântul.

Acesta poate fi:

a. vânt de față;

b. vânt de coastă (lateral);

a. În situația **vântului de față**, funcție de intensitatea acestuia, după declanşare se merge în linie dreaptă mai mult timp şi apoi vom executa primul viraj de 90^o care practic este mai mic pentru a putea introduce unghiul de derivă. Acest lucru este necesar pentru ca traiectoria pe sol a planorului să fie paralelă cu latura mică a **T**-ului (perpendiculară pe direcția de decolare).

În situația când nu vom zbura cu derivă pe latura mică, virajul 2 se va executa în apropiere de mijlocul laturei mari (vezi Fig. 14.34).

La început va fi greu să apreciați unghiul de derivă dar pe măsură ce învățați să pilotați veți învăța să-l apreciați, acesta fiind necesar eliminării deplasării laterale datorate vântului.

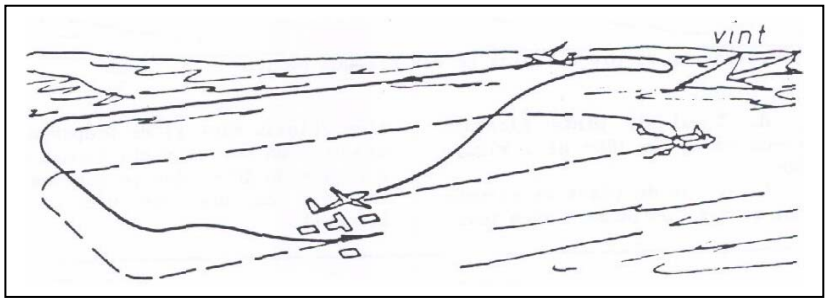


Fig. 14.34. Influența vântului de față la executarea T.P.

Unghiul de derivă depinde de intensitatea vântului şi de viteza planorului. Astfel cu cât vântul este mai puternic cu atât unghiul de derivă va fi mai mare. La fel cu cât componenta laterală a vântului va fi mai mare şi deriva necesară va fi mai mare.

Dacă vom analiza unghiul de derivă funcție de viteza de deplasare a planorului, vom observa că aceasta se micşorează pe măsură ce creşte viteza de zbor a planorului.

Virajul 2 va fi ceva mai mult de 90^o (90^o + unghiul de derivă) pentru a ieşi paralel cu direcția de decolare.

De data aceasta latura mare va fi parcursă într-un timp ceva mai mic deoarece avem vânt de coadă care măreşte viteza de deplasare a planorului față de sol.

De asemenea şi virajul 3 (virajul de priză) va fi executat ceva mai devreme pentru a avea o rezervă de înălțime la aterizare. Virajul de priză va fi ceva mai mare de 90^o (90^o + unghiul de derivă) pentru ca pe latura mică să ne putem deplasa tot paralel cu latura mică a **T**-ului (perpendicular pe direcția de aterizare).

Pe latura mică ne vom deplasa cu un unghi de derivă pentru a anula tendința vântului de a ne depărta de ştart.

După ce executăm virajul 4 vom împinge de manşă, vom aştepta să crească viteza de zbor ceva mai mult decât cea necesară pe timp calm şi apoi vom scoate frâna aerodinamică pentru a menține viteza constantă.

Îndulcirea şi redresarea se vor executa ceva mai jos față de aterizarea pe timp calm deoarece există tendința ca viteza față de sol să scadă mai repede datorită vântului de față.

b. Când avem **vânt lateral** vom zbura ca în situația vântului de față, cu diferența că vom fi nevoiți să introducem unghiul de derivă pe toate laturile turului de pistă.

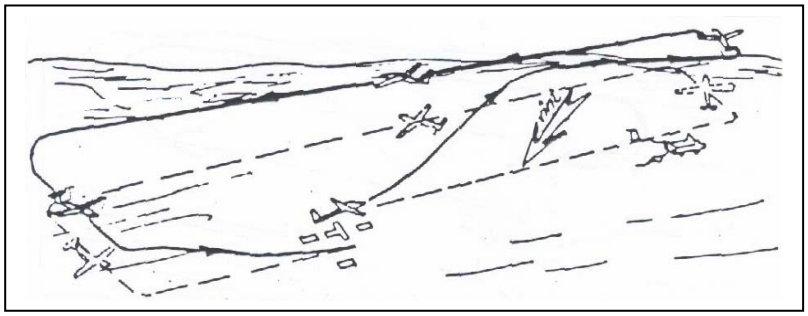


Fig. 14.35. Influența vântului lateral la executarea T.P.

Astfel, la decolare vom merge cu botul în vânt pentru ca pe timpul remorcajului să nu ne deplasăm de pe axul culoarului de decolare.

Dacă componenta laterală a vântului este mare se va putea executa remorcajul şi uşor înclinați în vânt.

După declanşare se va pune planorul cu botul pe direcția normală de decolare, după care se va executa primul viraj.

Pe latura mică se va avea grijă ca unghiul de derivă să fie luat funcție de intensitatea componentei de față a vântului.

Pe latura mare a turului de pistă va acționa iarăşi componenta laterală a vântului şi va avea tendința să ne deplaseze (să ne depărteze sau să ne apropie) față de direcția de decolare-

aterizare. Din acest motiv şi acum trebuie să introducem un unghi de derivă (să fim cu botul în vânt) pentru ca traiectoria pe sol să fie paralelă cu direcția de decolare-aterizare. Şi în acest caz virajul de priză se va executa ceva mai devreme pentru a avea o rezervă de înălțime la apropierea finală.

Pe latura mică va acționa componenta de față a vântului şi în felul acesta vom fi nevoiți să introducem iarăşi unghiul de derivă. Şi aici, în cazul apropierii finale vom avea un unghi de derivă pentru a elimina tendința de deplasare datorită acțiunii componentei laterale a vântului.

Această derivă se va scoate (elimina) când executăm rederesarea pentrua nu ateriza derapat.

Dacă în timpul zborului deplasarea laterală se sesizează mai greu pe măsură ce ne apropiem de sol aceasta se va observa mai bine. În felul acesta vom observa că unghiul de derivă ales este corect sau nu.

Putem considera că am învățat să alegem unghiul de derivă necesar atunci când traiectoria planorului este paralelă cu axa culoarului de decolare-aterizare.

14.2. Executarea virajelor de 360° în turul de pistă

Virajele de 360° în turul de pistă se execută cu scopul de a învăța să executăm spirale corect. În felul acesta ne pregătim pentru a executa zboruri termice, zboruri care ne vor ajuta să obținem performanțe în activitatea viitoare.

În cadrul acestor viraje urmărim finisarea tehnicii de pilotaj la intrarea în viraj, menținerea virajului cu pantă şi înclinare constantă şi la scoaterea din viraj pe direcția dorită.

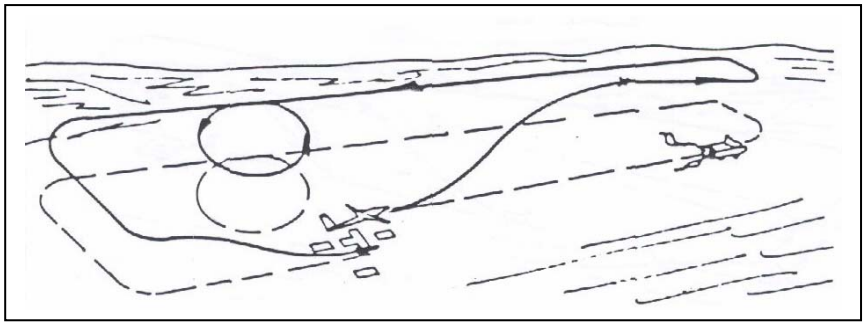


Fig. 14.36. Spirala în T.P.

14.3. Executarea turului de pistă cu *S* alungit

S alungit este o evoluție care se execută din turul de pistă deasupra aerodromului fiind compusă din 2 viraje de 220°.

Astfel primul viraj nu va mai fi de 180° ci va fi de 220° pentru a traversa aerodromul în diagonală, iar al doilea viraj se va executa tot de 220° pe partea cealaltă a aerodromului cu venire la aterizare din această parte.

Acest **S** se mai poate executa şi în cazul turului de pistă format din 4 viraje de 90°. De pe latura mare se va traversa aerodromul pe diagonală şi vom scoate în apropiere de virajul 3, apoi vom executa priza de aterizare şi aterizarea din partea respectivă.

Scopul temei este de a ne familiariza cu topografia terenului, de a ne obişnui cu schimbarea de pe o parte pe alta a virajului şi de a putea aprecia priza de aterizare în diferite situații de zbor.

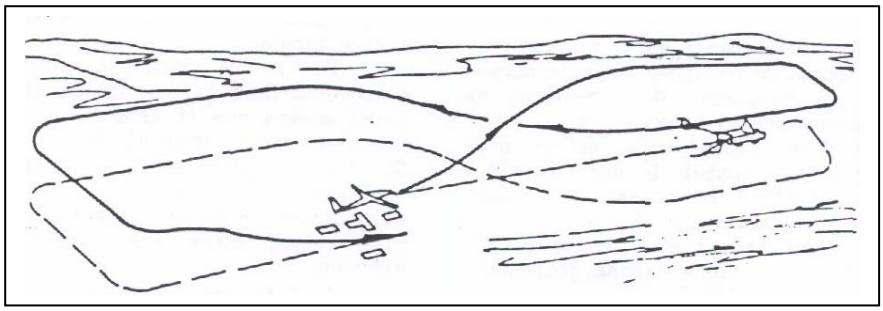


Fig. 14.37. "S"-ul alungit

15. Lucrul în zonă

În situația când remorcajul se execută la avion declanşarea se va realiza la verticala aerodromului la o anumită înălțime (400-1200 m) funcție de tema pe care o avem de executat.

După declanşare ne vom deplasa în zona stabilită unde vom executa linii drepte, viraje, spirale, etc..

Când ne apropiem de înălțimea de 250 m ne vom deplasa pentru intrare în TP în dreptul virajului 2.

16. Tur de pistă din remorcaj de avion

În situația decolării în remorcaj de avion după declanşarea şi executarea temei stabilite, la înălțimea de 250 m vom intra în TP în dreptul virajului 2.

În continuare turul de pistă se va executa cum am învățat în cadrul punctelor anterioare (tur de pistă în remorcaj de automosor).

17. Executarea zborului în simplă comandă

Practic cu această temă se face primul pas în vederea obținerii brevetului de pilot planorist.

Zborul în simplă comandă se va executa atunci când instructorul apreciază că dvs. ați învățat toate elementele zborului şi le executați în mod corect.

Zborul în simplă comandă se execută la fel ca şi zborul în dublă comandă preocupându-ne în continuare de perfecționarea tehnicii de pilotaj.

La primele zboruri în simplă comandă vom avea grijă să punem compensatorul pe o poziție mai în față (picaj) față de cum am fost obişnuiți la zborul în dublă comandă. Acest lucru este necesar deoarece planorul acum este mai uşor (lipseşte instructorul). În felul acesta vom elimina orice tendință de cabraj a planorului.

Desigur emoții vor fi dar pe măsură ce planorul urcă în remorcaj acestea vor dispare, noi fiind preocupați de executarea zborului cât mai corect posibil.

Şi acum *SUCCES !*

18. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 28 B_2

În continuare vom studia particularitățile privind tehnica pilotajului la planorul de dublă comandă IS-28 B_2 pentru următoarele situații de zbor:

a. decolare în remorcaj de avion;
b. decolare în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. zborul în nori;
h. părăsirea planorului în caz de urgență;
i. aterizarea cu trenul escamotat;
j. scoaterea din vrie;

a. decolarea planorului în remorcaj de avion

Clanşarea cablului în acest caz se va executa la clanşatorul din bot.

Manşa şi palonierul se țin în poziție neutră, iar compensatorul trecut de poziția de mijloc spre picaj.

În timpul rulajului pentru decolare se va asigura menținerea orizontalității aripilor cu ajutorul manşei lateral şi a direcției cu ajutorul palonierului.

După ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca. 70 Km/h, ajutat prin uşoara tragere de manşă, planorul se va desprinde singur.

După dezlipire se va menține poziția corectă în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziția compensatorului pentru a elimina efortul de pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 110-115 Km/h, la care comenzile au o bună eficacitate.

Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 100 Km/k, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziția 1 (+5^o).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acționat până la capătul de cursă iar pilotul va degaja după ce s-a asigurat de declanşare.

b. decolarea în remorcaj de automosor se efectuează cu cablul clanşat la declanşatorul de burtă (din spate).

În vederea decolării, comenzile (manşa şi palonierul) se vor afla în poziția neutră, compensatorul la mijloc (aproximativ poziția "0^o"), iar voletul se va braca în poziția +2 (bracaj 10^o) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menține poziția orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă.

După dezlipire (65-70 Km/h) se menține planorul în aceeaşi poziție orizontală până când viteza creşte la 80-85 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 100 Km/h. La atingerea unghiului de cca. 75^o față de automosor, declanşarea se produce automat.

Acționarea comenzii declanşatorului (mâner galben) prin tracțiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. în zborul liber, planorul IS 28-B_2 are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici, în apropierea vitezei limită.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje, cu cca. 2 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendințe de vrie necontrolabilă.

Chiar şi în viraje înclinate, angajarea nu are aspect periculos, pilotul recăpătând imediat controlul prin uşoara slăbire a manşei.

Finețea maximă se obține la o viteză de 94 Km/h în simplă comandă şi 100 Km/h în dublă comandă.

Viteza minimă de înfundare se obține la 80 Km/h în simplă comandă şi 85 Km/h în dublă comandă.

Pentru obținerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleții în pozițiile +1 (bracaj +5^o) sau +2 (bracaj +10^o).

La zborul rapid între ascendențe (la salt) poziția negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

d. apropierea finală pentru aterizare

Pentru a se executa apropierea finală se va avea grijă ca înainte de virajul 3 să se scoată trenul de aterizare.

Pentru scoaterea trenului de aterizare se exercită asupra manetei o presiune spre înainte pentru a uşura deblocarea, se dezăvoreşte apăsând pe buton şi apoi se trage maneta spre înapoi până când se aude zgomotul de zăvor în poziția închis.

Se verifică blocarea prin mişcări uşoare ale manetei înainte şi înapoi.

Aterizarea se poate efectua chiar dacă s-a uitat scoaterea trenului.

După punerea trenului pe direcția de aterizare se brachează voletul în poziția +3 (bracaj +15^o).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 100 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 85 Km/h. Şi în această configurație de zbor efortul pe manşă se poate elimina prin acționarea compensatorului.

e. În vederea **aterizării** îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m față de sol iar redresarea la cca. 0,5 m față de sol. În aceste condiții se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură că viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 65 Km/h.

În timpul rulajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acționează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

Planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menținerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

g. zborul în nori

Planorul este admis să execute zbor în nori dacă nu contravine reglementărilor naționale şi dacă este echipat cu următoarele aparate:
- vitezometru;
- indicator de viraj şi glisadă (giroclinometru);
- altimetru;
- busolă.

În timpul zborului în nori se vor evita zonele de givraj, turbulențe excesive şi grindină.

Dacă în timpul zborului în nori se pierde controlul planorului, se defectează indicatorul de viraj sau vitezomentrul, se va părăsi cât mai repede norul.

În aceste situații pilotul va aduce toate comenzile la mijloc, manşa uşor picată şi va deschide complet frânele aerodinamice. Această manevră va aduce planorul aproximativ într-un zbor de coborâre în linie dreaptă fără exces mare de viteză şi uşurează părăsirea norului în limite de securitate.

h. Părăsirea planorului în caz de urgență

Când situația impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:
- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capotă în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcție de poziția şi evoluția planorului.

i. aterizarea cu trenul escamotat

În cazul în care trenul de aterizare nu poate fi scos pilotul poate ateriza în condiții bune deoarece roata fiind semiescamotată asigură garda necesară rulării pe sol.

Întrucât în poziția escamotată, amortizorul este scos din funcțiune, pilotul va căuta să aterizeze pe un teren cât mai bun şi cu viteza minimă posibilă.

Se recomandă:
- aterizarea cu volet în poziția +3 (bracaj +15^{o});
- viteza de apropiere = 85 Km/h;
- redresare = cât mai jos posibil;
- viteza de contact = aproximativ 65 Km/h.

j. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie.

În acest caz pilotul va acționa palonierul în sens invers rotirii, va aduce manşa la mijloc şi uşor spre picaj.

După oprirea rotirii se va redresa planorul prin tragere uşoară de manşă.

Pierderea de înălțime la un tur de vrie este de aproximativ 80-90 m. Viteza la ieşirea din vrie este de aproximativ 150-160 Km/h.

19. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D_2

În continuare vom studia particularitățile privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D2 pentru următoarele situații de zbor:

a. decolare în remorcaj de avion;
b. decolare în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. zborul în nori;
h. redresarea din deep-stall;
i. aterizarea cu trenul escamotat;
j. scoaterea din vrie;
k. părăsirea planorului în caz de urgență;

a. decolarea în remorcaj de avion

În vederea decolării, după ce planorul a fost controlat, se va pune voletul în poziția **"0"** iar compensatorul în poziție uşor picată (puțin în fața poziției de mijloc). Manşa şi palonierul se vor afla în poziție neutră.

În timpul rulajului pentru decolare se va asigura menținerea orizontalității aripilor şi a direcției planorului prin lucrul cu manşa lateral şi palonier stânga dreapta.

După ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca.75 Km/h, ajutat prin uşoara tragere de manşă, planorul este capabil să se dezlipească de pe sol.

După desprindere se menține poziția cerută în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziția compensatorului pentru a elimina efortul pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 110-115 Km/h, la care comenzile sunt plăcut de manevrat şi au o bună eficacitate. Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 100 Km/h, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziția 1 ($+5^o$).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acționat până la capătul de cursă iar pilotul va zbura pe aceeaşi traiectorie cu avionul remorcher şi nu va începe evoluțiile decât dacă s-a convins de desprinderea cablului de remorcaj.

b. în situația decolării la automosor compensatorul se aşează la mijloc (aproximativ poziția "0^o"), iar voletul se va braca în poziția +2 (bracaj 10^o) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menține poziția orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă. După dezlipire (70-75 Km/h) se menține planorul în aceeaşi poziție orizontală până când viteza creşte la 85-90 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 105 Km/h.

La atingerea unghiului de cca. 75^o față de automosor, declanşarea se produce automat.

Acționarea comenzii declanşatorului (miner galben) prin tracțiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. Zborul liber

În zborul liber, planorul IS 29-D_2 are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje cu cca. 3 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendințe de vrie necontrolabilă, dar dacă pilotul insistă să nu permită angajarea pe aripă, planorul poate intra în deep-stall.

În cazul angajării în viraj, controlul este recâştigat apropape instantaneu prin slăbirea manşei spre înainte.

Finețea maximă se obține la o viteză de 93 Km/h.

Viteza minimă de înfundare se obține la 78 Km/h.

Pentru obținerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleții în pozițiile +1 (bracaj +5^o) sau +2 (bracaj +10^o).

La zborul rapid între ascendente (la salt) poziția negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

d. apropierea finală pentru aterizare

Înainte de începerea apropierii finale se va scoate şi siguranța trenul de aterizare.

După punerea planorului pe direcția de aterizare se brachează voletul în poziția +3 (bracaj +15^o).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 100 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 90 Km/h. Şi în această configurație de zbor efortul pe manşa se poate elimina prin acționarea compensatorului.

Panta de apropiere se va regla prin manevrarea uşoară şi progresivă a frânelor aerodinamice.

e. aterizarea

În vederea aterizării îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m față de sol iar redresarea la cca. 0,5 m față de sol. În aceste condiții se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură ca viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 70 Km/h.

În timpul virajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acționează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

În cazul decolării şi aterizării cu vânt lateral planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s prevăzute în regulament.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menținerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

Limita până la care se poate executa decolarea sau aterizarea (chiar şi pentru viteze mai mari de 6 m/s ale vântului) depinde mai mult de abilitatea pilotului.

g. zborul în nori

Planorul este admis sa execute zbor în nori dacă nu contravine reglementărilor naționale şi dacă este echipat cu următoarele aparate:

- vitezometru;
- indicator de viraj şi glisadă (giroclinometru);
- altimetru;
- busolă;
- variometru.

În timpul zborului în nori se vor evita zonele de givraj, turbulențele excesive şi grindina.

Dacă în timpul zborului în nori se pierde controlul planorului, se defectează indicatorul de viraj sau vitezomentrul, se va părăsi cât mai repede norul. Pentru aceasta pilotul va aduce toate comenzile la mijloc, manşa uşor picată şi va deschide complet frânele aerodinamice. Această manevră va aduce planorul aproximativ într-un zbor de coborâre în linie dreaptă fără exces mare de viteză şi uşurează părăsirea norului în limite de securitate.

h. redresarea din deep-stall

La atingerea vitezei limită planorul caută să coboare botul iar dacă este înclinat sau cu un eleron bracat tinde să se şi încline. Dacă pilotul parează toate aceste tendințe şi continuă să tragă de manşă până aproape de limitator se observă:

- o uşoară creştere a vitezei (80-85 Km/h);
- coborârea botului;
- o tendință de stabilizare laterală;
- creşterea accentuată a vitezei de coborâre (12-15 m/s); Planorul a intrat în regim de deep-stall.

Intrarea în deep-stall este posibilă în orice configurație, realizându-se mai uşor cu frâna scoasă şi centraj spate.

Manşa fiind complet trasă, pilotul nu mai poate ridica botul, într-o eventuală intenție de redresare.

Întreruperea deep-stall-ului şi trecerea în regim normal de zbor se poate face aprope instantaneu prin slăbirea manşei spre înainte. În acest caz planorul mai coboară puțin botul, se simte o uşoară tremurătură a aripilor la trecerea prin unghiul "i_{crt}", după care viteza de zbor creşte rapid, iar viteza de înfundare scade.

Controlul tuturor comenzilor reintră în normal şi planorul se poate redresa din picajul slab care rezultă. Durata de trecere la regim normal este de sub 2 secunde.

Se recomandă întreruperea zborului voit în regim deep-stall la înălțimi peste 100 m.

i. aterizarea cu trenul escamotat

Pilotul va alege un teren de aterizare fără denivelări bruşte, pietre sau gropi şi dacă este posibil nu prea dur.

Nu se va ateriza pe piste betonate sau cu înveliş asfaltic.

Se va căuta să se aterizeze cu vânt de față şi cea mai mică viteză posibilă.

Se recomandă:

- aterizarea cu volet în poziția +3 (bracaj +15^{o});
- viteza de apropiere să fie de cca. 95 Km/h;
- redresarea se va executa cât mai jos posibil;
- viteza aerodinamică în momentul contactului va fi de cca. 68 Km/h;
- cea mai mică viteză de contact se realizează cu frâna aerodinamică închisă.

j. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie.

În acest caz pilotul va slăbi în primul rând manşa, aducând-o la mijloc în poziție uşor picată. În acelaşi timp palonierul este acționat în sens invers rotirii, ceea ce este hotărâtor pentru oprirea rotirii.

După oprirea rotirii se aduc comenzile la mijloc şi se va redresa prin tragere uşoară de manşă din poziția picată în care se găseşte planorul.

Pierderea de înălțime la un tur de vrie este de aproximativ 80 m.

Viteza normală la ieşirea din vrie este de aproximativ 150-160 Km/h.

Întârzierea la ieşire este foarte mică (sub 1/4 ture).

k. părăsirea planorului în caz de urgență

Când situația impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:

- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capota în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcție de poziția şi evoluția planorului.

20. Particularități privind tehnica pilotajului la planorul IS 32 A

În continuare vom studia particularitățile privind tehnica pilotajului la planorul de dublă comandă IS 32 A pentru următoarele situații de zbor:

a. decolarea în remorcaj de avion;
b. decolarea în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. aterizarea cu trenul escamotat;
h. scoaterea din vrie;
i. părăsirea planorului în caz de urgență.

a. decolarea planorului în remorcaj de avion

În funcție de greutatea piloților se amplasează în casetele de pe podeaua postului de pilotaj din față o cantitate de plumb conform tabelului de la paragraful C.16. (Capitolul Cunoaşterea planorului).

Lestul se aplică la zborurile în S.C. în funcție de greutatea corpului.

După legarea şi ajustarea centurilor se va acționa manşa şi palonierul verificând funcționarea normală şi fără agățări.

Se acționează comanda frânei aerodinamice verificând funcționarea ei fără agățări şi la închidere şi trecerea peste punctul care asigură zăvorârea.

Comanda voletului după verificare se zăvorăşte în poziția "0" (0^o).

Se verifică funcționarea compensatorului care se aşează în poziție uşor picată (puțin în fața poziției de mijloc).

Se controlează aparatele de bord şi se reglează altimetrul, se închide cupola de plexiglas, controlând buna ei zăvorâre.

Se clanşează cablul de remorcaj. Pilotul va cere ajutorului care efectuează clanşarea să încerce printr-o tracțiune energică dacă clanşarea este sigură şi va cere aşezarea aripilor la orizontală astfel ca axul planorului să fie în direcția avionului.

În timpul rulajului pentru decolare după ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca. 95 Km/h, ajutat prin uşoară tragere de manşă, planorul este capabil să se desprindă.

După dezlipire se va menține poziția corectă în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziția compensatorului pentru a elimina efortul de pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 120 Km/h, la care comenzile au o bună eficacitate şi sunt plăcut de manevrat.

Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 110 Km/h, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziția 1 (+5^o) sau pe poziția 2 (+10^o).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acționat până la capătul de cursă iar pilotul va degaja după ce s-a asigurat de declanşare.

b. decolarea în remorcaj de automosor

Decolarea în remorcaj de automosor se efectuează cu cablul clanşat la declanşatorul de burtă (din spate). Ajutorul, care execută clanşarea, verifică prin tracțiune cablul, clanşarea corectă.

Compensatorul se poziționează la mijloc (aproximativ poziția 0^o), iar voletul se va braca în poziția +2 (bracaj 10^o) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menține poziția orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă. După dezlipire (75-80 Km/h) se menține planorul în aceeaşi poziție orizontală până când viteza creşte la 90-95 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 100-110 Km/h.

La atingerea unghiului de cca. 75^o față de automosor, declanşarea se produce automat.

Acționarea comenzii declanşatorului (mâner galben) prin tracțiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. zborul liber

În zborul liber, planorul IS 32 A are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici, în apropierea vitezei limită.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje, cu cca. 5-6 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendințe de vrie necontrolabilă.

Chiar şi în viraje înclinate, angajarea nu are aspect periculos, pilotul recăpătând imediat controlul prin uşoara slăbire a manşei. Pentru poziția maximă față a centrajului de greutate, nu se produce angajarea.

Finețea maximă se obține la o viteză de 104 Km/h în simplă comandă şi 108 Km/h (triunghi galben pe vitezometru) în dublă comandă.

Viteza minimă de înfundare se obține la 90 Km/h în simplă comandă şi este de 0,56 m/s.

Pentru obținerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleții în pozițiile +1 (bracaj +5^o) sau +2 (bracaj +10^o).

La zborul rapid între ascendențe (la salt) poziția negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

Zborul în nori este interzis.

d. apropierea finală pentru aterizare

Pentru a se executa apropierea finală se va avea grijă ca înainte de virajul 3 să se scoată trenul de aterizare. Pentru scoaterea trenului de aterizare se exercită asupra manetei o presiune spre înainte pentru a uşura deblocarea, se dezăvorăşte apăsând pe buton şi apoi se trage maneta spre înapoi până când se aude zgomotul de zăvor în poziția închis. Se verifică blocarea prin mişcări uşoare ale manetei înainte şi înapoi.

După punerea planorului pe direcția de aterizare se brachează voletul în poziția +2 (bracaj +10^o).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 110 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 95 Km/h. Şi în această configurație de zbor efortul pe manşă se poate elimina prin acționarea compensatorului.

Ajustarea pantei de apropiere se execută prin manevrarea uşoară şi progresivă a frânelor aerodinamice.

e. aterizarea

În vederea aterizării îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m față de sol iar redresarea la cca. 0,5 m față de sol. În aceste condiții se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură ca viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 85 Km/h.

În timpul virajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acționează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

Planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menținerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

Limita până la care decolarea sau aterizarea se poate executa chiar şi la viteze mai mari de 6 m/s depinde mai mult de abilitaea pilotului.

g. aterizarea cu trenul escamotat

În cazul în care trenul de aterizare nu poate fi scos pilotul poate ateriza *pe burtă*.

Pilotul va căuta să aterizeze pe un teren cât mai bun (fără denivelări, pietre sau gropi şi dacă este posibil nu prea dur). Nu se va ateriza în această situație pe piste betonate sau cu înveliş asfaltic. Se va căuta să se aterizeze cu vântul de față şi cu cea mai mică viteză posibilă.

Se recomandă:

- apropierea şi aterizarea cu volet în poziția +2 (bracaj +10^o);
- viteza de apropiere cca. 110 Km/h;

- redresarea se va executa cât mai jos posibil;
- viteza de contact aproximativ 80 Km/h.

h. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie. În acest caz pilotul va acționa palonierul în sens invers rotirii, va aduce manşa la mijloc şi uşor spre picaj.

După oprirea rotirii se va redresa planorul prin tragere uşoară de manşă.

Viteza la ieşirea din vrie este de aproximativ 160-180 Km/h.

NU SE ADMITE VRIA CA FIGURĂ COMANDĂTĂ !

i. părăsirea planorului în caz de urgență

Când situația impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:

- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capotă în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcție de poziția şi evoluția planorului.

Acest manual a fost aprobat în

Consiliul de Metodică – Siguranța Zborului